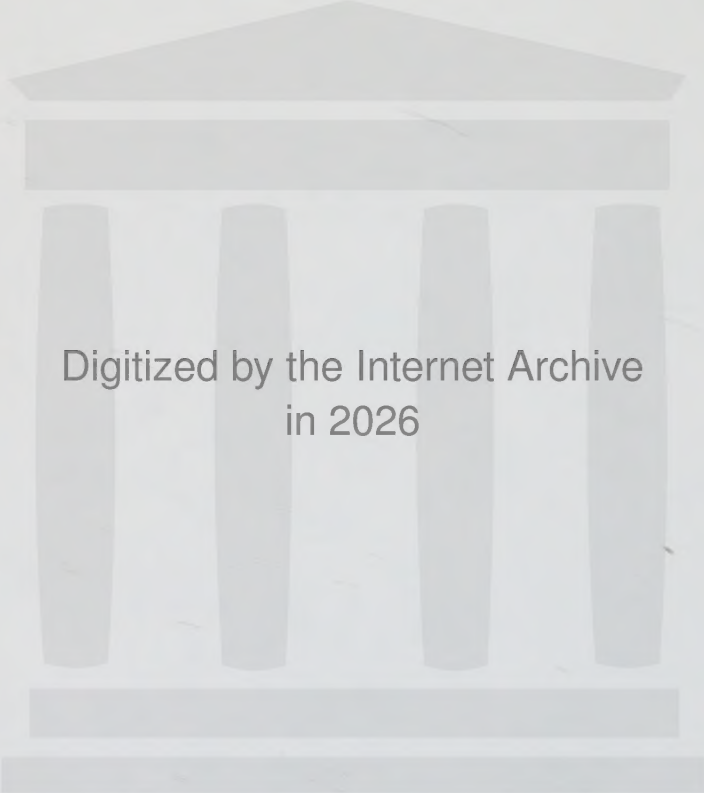


KONKURRIERENDE HOLZERNTEVERFAHREN
IM KIEFERPLANTAGENBETRIEB,
UNTERSUCHT AN DREI MODELLEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg im Breisgau

vorgelegt von
Jorge Roberto Malinovski
aus Brasilien

1981



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543125_0036

KONKURRIERENDE HOLZERNTEVERFAHREN
IM KIEFERPLANTAGENBETRIEB,
UNTERSUCHT AN DREI MODELLEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg im Breisgau

vorgelegt von
Jorge Roberto Malinovski
aus Brasilien

1981

Gedruckt mit Unterstützung des
Deutschen Akademischen Austauschdienstes.



Dekan:	Prof. Dr. E. Nießlein
Leiter der Arbeit:	Prof. Dr. R. Grammel
Referent:	Prof. Dr. R. Grammel
Korreferent:	Prof. Dr. Dr. h.c. G. Speidel

Tag der Bekanntgabe des Prüfungsergebnisses
am 09. Februar 1981

Gesamtherstellung:
R. Gaggstatter, Offsetdruck + Schnelldruck, 7800 Freiburg i.Br.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von April 1978 bis Januar 1981 am Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i.Br. durchgeführt.

Die Anregung zu dieser Arbeit erhielt ich durch meinen Doktorvater, Herrn Prof. Dr. R. Grammel, Direktor des Instituts für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, der meine Arbeit jederzeit mit Rat und wissenschaftlicher Konsequenz angeleitet hat. Herrn Prof. Dr. R. Grammel möchte ich meinen besonders großen Dank aussprechen. Seine wohlwollende Kritik und seine zuvorkommende Behandlung waren für mich während meiner Zugehörigkeit zum Institut von großer Bedeutung.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Speidel für die freundliche Übernahme des Korreferats und seine Beratung in vielen Fragen.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Forstwirt G. Dieterle und Dr. habil. G. Becker für ihre hilfreiche Unterstützung bei der Gestaltung der Arbeit bedanken.

Weiterhin darf ich mich bei den Herren Dr. H. Spicker, Dr. E. Hildebrand und Dr. K. Dummel für ihre wertvollen Hinweise und Beratung bezüglich technischer Fragen bedanken.

Herzlichen Dank schulde ich auch den Angehörigen des Instituts für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, insbesondere Herrn Ing. grad. Frhr. v. Fürstenberg, Herrn Dipl.-Forstwirt B. Schmid für ihre Bemühungen bei der Zeichenarbeit bzw. den Literaturnachweisen sowie Frau Bomheuer-Messmer und Frau Wagner.

Ich bedanke mich weiterhin bei der Albert-Ludwigs-Universität und der Universidade Federal do Paraná (Brasilien), die im Rahmen ihres Partnerschaftsprojektes die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht haben.

Nicht zuletzt gilt mein Dank dem DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) für das Stipendium sowie der Fahrenberg-Stiftung für die Sonderhilfe zu Reisestudien.

Auch allen anderen, die direkt oder indirekt für das Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, sei herzlich gedankt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Problemstellung	8
1.3 Untersuchungsaufgabe	10
2. Methodisches Vorgehen - Aufbau der Arbeit	11
3. Restriktionen und Randbedingungen bei der Wahl von Holzerntesystemen	15
3.1 Definition der Außenbedingungen	15
3.2 Natürliche Gegebenheiten	17
3.2.1 Waldbaulich-biologische Vorgaben	17
3.2.2 Geländebeschaffenheit	19
3.2.3 Bodentragfähigkeit	20
3.3 Die wirtschaftlichen Verhältnisse als Restriktion	26
3.3.1 Verkehrslage	26
3.3.2 Der Arbeitsmarkt	27
3.3.3 Lohnkosten und Lohnnebenkosten	29
3.4 Institutionelle Restriktionen	31
4. Waldbaulich ertragskundliches Modell des Ernteeingriffs	32
4.1 Natürlicher und wirtschaftlicher Standort	33
4.1.1 Geländeverhältnisse	33
4.1.2 Klima, Boden	33
4.1.3 Bestandstruktur und Erschließung	33
4.1.4 Feinerschließung	35

	Seite
4.2 Das waldbauliche Modell	37
4.2.1 Grundlagen	37
4.2.2 Modellaufbau	38
4.3 Systemspezifisch benötigte Flächengrößen der Plantagen	46
4.4 Zusammenfassung	47
5. Systemtheorie	48
5.1 Definition	48
5.2 Definition von Holzerntesystemen	51
5.3 Auswahl der Verfahrensalternativen	54
5.3.1 Auswahlkriterien	54
5.3.2 Datenbeschaffung	57
5.3.3 Systemkriterien	59
6. Quantifizierung der Holzernte-Modelle	62
6.1 Konventionelles Sortenverfahren	64
6.1.1 Kennzeichnung des Sortenverfahrens	64
6.1.2 Geschichte des Sortenverfahrens	66
6.1.3 Struktur und Organisation des Arbeitsablaufes beim Sortenverfahren	68
6.1.4 Zeitbedarfswerte, Leistung und Kosten beim System konventioneller Holzaufarbeitung (Sortenverfahren)	70
6.1.4.1 Hauen	70
6.1.4.2 Rücken	76
6.1.4.2.1 Definition und generelle Aspekte der Teilarbeit Rücken	76
6.1.4.2.2 Zeitbedarf, Leistung und Kosten beim Langholzrücken - Sortenverfahren -	79

	Seite
6.1.4.3 Straßentransport	83
6.1.4.4 Zeitbedarf, Leistung und Kosten beim Straßentransport - Sortenverfahren -	88
6.1.5 Technische Arbeitsproduktivität und Arbeitskräftebedarf	91
6.1.5.1 Technische Arbeitsproduktivität - konventionelles Sortenverfahren -	91
6.1.5.2 Arbeitskräftebedarf - konventionelles Sortenverfahren -	94
6.1.6 Gesamtkosten/Fm und Sachinvestitionen - konventionelles Sortenverfahren -	96
6.1.6.1 Gesamtkosten/Fm	96
6.1.6.2 Sachinvestitionen	99
6.2 Hochmechanisiertes mobiles Kurzholzverfahren - Processorverfahren -	102
6.2.1 Beschreibung des Verfahrens	102
6.2.2 Processorverfahren, Variante A (Aufarbeitung von schwächerem Holz in der ersten, zweiten, dritten Durchforstung)	104
6.2.2.1 Arbeitsverfahren, Leistung und Kosten Kosten beim Fällen und Aufarbeiten	104
6.2.2.2 Verfahren, Zeitbedarf, Leistung und Kosten für Vorliefern, Entasten, Einschneiden und Sortieren	108
6.2.2.2.1 Variante A - Durchforstung (KOCKUMS Gallring Processor 822)	108
6.2.2.3 Rücken von der Rückegasse zur Waldstraße	115
6.2.2.4 Transport des Holzes vom Waldlagerplatz zur Industrie	118
6.2.3 Processorverfahren - Variante B Mittelstarkes Holz in der Endnutzung (Kahlschlag)	119

6.2.3.1 Versuchs- und Verfahrensbeschreibung	119
6.2.3.2 Der Fällvorgang	120
6.2.3.2.1 Leistung, Kosten der Fällmaschine	122
6.2.3.3 Aufarbeitung mit dem Processor	125
6.2.3.3.1 Zeitbedarf und Kosten der Processoraufarbeitung (Endnutzung)	127
6.2.3.4 Das Rücken mit Tragknick-/ Rückeschlepper	131
6.2.3.5 Zeitbedarf und Kosten beim Rücken	135
6.2.3.6 Straßentransport des Holzes	137
6.2.4 Technische Arbeitsproduktivität und Arbeitskräftebedarf im Gesamtmodell Verfahren 2 (Processor-Aufarbeitung)	137
6.2.4.1 Technische Arbeitsproduktivität	137
6.2.4.2 Arbeitskräftebedarf	139
6.2.5 Gesamtkosten/Fm und Sachinvestitionen des Processorverfahrens	141
6.2.5.1 Sachinvestitionen beim Processorverfahren	141
6.3 Holzhofverfahren	145
6.3.1 Arbeitsverfahren, Definition und Begriffe	145
6.3.2 Fällen und Rücken von Vollbäumen	151
6.3.2.1 Fällen und Rücken der Vollbäume in der Durchforstung	151
6.3.2.2 Fällen und Rücken in der Endnutzung	156
6.3.3 Straßentransport der Vollbäume	158
6.3.4 Der Bearbeitungsvorgang auf dem zentralen Aufarbeitungsplatz	163
6.3.4.1 Leistungen, Kosten	166
6.3.5 Technische Arbeitsproduktivität und Arbeitsbedarf beim Holzhofsystem	170
6.3.5.1 Technische Arbeitsproduktivität	170
6.3.5.2 Arbeitskräftebedarf	173

	Seite
6.3.6 Gesamtkosten und Sachinvestitionen	175
6.3.6.1 Gesamtkosten	175
6.3.6.2 Sachinvestitionen	177
7. Verfahrensvergleich und Entscheidungsgrundlagen	181
7.1 Technische Arbeitsproduktivität	181
7.2 Arbeitskräftebedarf in Abhängigkeit von der Wahl des Verfahrens	184
7.3 Vergleich der direkten Kosten	186
7.4 Sachinvestitionen	191
7.5 Zusammenfassung der einzelwirtschaftlichen Aspekte	194
8. Nachwort: Die grundsätzliche Entscheidung	196
9. Literaturverzeichnis	201
10. Darstellungsverzeichnis	209
11. Tabellenverzeichnis	211
12. Anhang	215
01: Tabelle	
02: Fragebogen	

1. Einleitung und Problemstellung

1.1 Einleitung

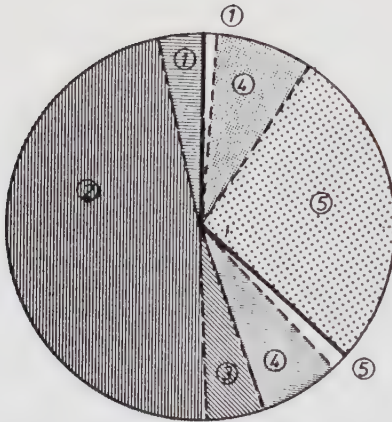
Als eines der holz- und waldreichsten Länder der Erde wurde Brasilien im Laufe der siebziger Jahre zu einem Holzeinfuhrland.

Hatte die Handelsbilanz zum Anfang des Jahrzehnts noch einen Exportanteil von 63 % am Gesamtumsatz von Holz und Holzprodukten, stieg 1976 der Import auf fast 60 % (siehe Darstellung Nr. 01).

Die rasche wirtschaftliche Entwicklung in Verbindung mit einer sprunghaften Bevölkerungsvermehrung in den Wirtschaftszentren, sowie hohe Ausfuhren zu Devisenzwecken waren wesentliche Ursachen dieser auch heute noch defizitären Bilanz. Neben der Erschöpfung des Rohstoffes Holz in vielen Gebieten fehlt es sowohl an Transport- als auch an Verarbeitungskapazitäten, um den steigenden Bedarf der privaten und wirtschaftlichen Haushalte zu decken.

Die Folgen waren eine ständig wachsende Importabhängigkeit von Halbfertig- und Fertigprodukten, insbesondere an Zellstoff, Papier und Pappe, ein akuter Brennholz-mangel und eine Unterversorgung vor allem an sägefähigen Nadelhölzern in den städtischen Siedlungen (vor allem in Südbrasilien).

Von offizieller brasilianischer Seite wurden die Tendenzen dieser negativen Entwicklung frühzeitig erkannt, galt es doch, nicht nur die wirtschaftlichen Mangelsymptome zu beheben, sondern vielmehr den katastrophalen ökologischen Schäden durch menschliche Eingriffe entgegen zu wirken. Diese Schädigung der ursprünglichen Urwälder erhielt eine Ausprägung unterschiedlicher Intensität.



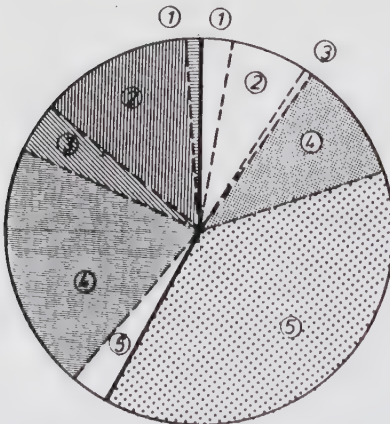
1970

Import: 36,50 % = 54.156.000 US

Export: 63,50 % = 113.372.000 US

Erklärung der Ziffern:

- 1 Industrie-Rundholz
- 2 Schnittholz und Schwellen
- 3 Spanplatten
- 4 Zellstoff
- 5 Pappe und Papier



1976

Import: 58,14 % = 221.256.000 US

Export: 41,86 % = 169.791.000 US

Darstellung 01: Holzbilanz Brasilien 1970, 1976

Quelle: F.A.O., YEAR BOOK OF
FOREST PRODUCTS 1976

Ein Teil der Flächen wurde zunächst exploitiert. Hier wurden lediglich die wertvollsten Bäume entnommen. Zurück blieben einzelne, zwar den Boden deckende Busch- und Waldflächen, deren Vorrat und Zuwachs aber aus weniger wertvollen oder nicht brauchbaren Holzarten und Sträuchern besteht. Die zweite und ökologisch bedeutsame Art der Verwüstung ist der in diesen Regionen weitverbreitete Wanderhackbau (shifting cultivation), bei dem zumeist exploitierte Primärwälder oder aber auch Sekundärwälder mit Feuer gerodet werden. Nach einer nur wenige Jahre dauernden Nutzung mit Mais, Reis, Manjok, Ananas usw. sind die Böden verarmt und werden sich selbst überlassen. Der Wanderhackbau zieht weiter und zerstört angrenzende Waldflächen.

Diese tiefgreifende Problematik ist im übrigen nicht nur eine Sorge der brasilianischen Planer, sondern ist in dem die ganze Erde umfassenden tropischen und subtropischen Gürtel gegeben.

Eine weitere gemeinsame Problematik dieser Regionen ist der Widerstreit zwischen landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Nutzungsweise. Steht bei der Landwirtschaft das Ziel der Ernährung der Bevölkerung im Vordergrund, erscheint aus forstlicher Sicht die Begründung oder Umwandlung in leistungsfähige Wälder zur Sicherung der Holzversorgung und aus ökologischen Gründen dringend geboten. Unter Einbeziehung klimatischer und edaphischer Rahmenbedingungen kann man zwei Typen von Produktionsflächen unterscheiden. Es handelt sich hier einmal um Zonen, in denen ausreichend Niederschläge vorhanden sind und die sowohl landwirtschaftlich als auch intensiv forstwirtschaftlich genutzt werden können. Auf diesen Flächen entscheidet die Bodenqualität über die Art der Bewirtschaftung. Andererseits findet man Zonen vor, die sehr niederschlags-

arm sind und nach der Entwaldung einen z. T. steppen- oder wüstenartigen Charakter annehmen. Auf diesen Flächen ist die landwirtschaftliche Nutzung völlig ungeeignet.

Zur Steigerung der Holzproduktion stehen auf geeigneten Flächen folgende Alternativen zur Verfügung:

- 1) Plenterartige Bewirtschaftung: Die in der Regel wenig Wertholzertrag liefernden Primärwälder werden mit leistungsfähigen Baumarten umgewandelt und erhalten eine plenterartige Struktur.
- 2) Plantagenwirtschaft: Diese Art der Bewirtschaftung sieht eine Rodung von exploitierten Primärwäldern, Sekundärwäldern und durch shifting cultivation zerstörte Flächen vor mit anschließender Pflanzung von leistungsfähigen Baumarten. Die Anlage von Plantagen kann auch auf bisher nicht mit Wald bestockten Flächen erfolgen.

Man war sich im klaren, daß beide Formen der Nutzung insbesondere in den tropischen Regenwäldern mit einem erheblichen Risiko und sehr hohem Investitionsaufwand verbunden sein würden.

In den letzten 15 Jahren versuchte der Staat, vor allem durch die Gewährung steuerlicher Vorteile private Investoren zur Aufforstung und Wiederaufforstung zu bewegen (BREPOHL D., 1980).

Im Staate Paraná wird seit Mitte der sechziger Jahre v. a. die Anlage von Plantagen mit verschiedenen Nadelholzarten gefördert. Solcherart bewirtschaftete Flächen sind auch heute

noch im ständigen Wachstum begriffen, so daß unter Berücksichtigung ihrer hohen Flächenproduktivität eine zunehmende Deckung des Holzbedarfs dieses Landes erwartet werden kann.

Für die Entscheidung zugunsten von Plantagenwäldern sprechen folgende Punkte:

- 1) Unterversorgung an Nadelhölzern: Nadelhölzer sind, mit Ausnahme der ehemaligen Araucarienwälder im Süden des Landes kaum vertreten.
- 2) Aus Plantagenwäldern fallen schon nach kurzer Zeit im Zuge der Durchforstungen (ab 8 Jahren) sowohl die dringend benötigten Brennholz- als auch Industrieholzsortimente zur Zellstoff-, Papier- und Spanplattenproduktion an.
- 3) Durch kurze Umtriebszeiten (25 - 30 Jahre für Pinusarten) Gewinnung von starken Stammdimensionen zur Befriedigung des überproportional steigenden Schnittholzbedarfes (STÖHR, G.W.D., MALINOVSKI, J.R., 1978).
- 4) Kapitalverzinsung: Nadelholzplantagen versprechen im Vergleich zu natürlichen Urwäldern eine drei- bis vierfache Flächenproduktivität. Die folglich zu erwartende hohe Kapitalverzinsung und der rasche Kapitalrückfluß spielen bei der Gewinnung von Investoren zur Aufforstung eine entscheidende Rolle.
- 5) Plantagen lassen sich leichter und mit weniger fachlichen Kenntnissen bewirtschaften als komplizierte planterartige Urwälder. Oft sind Landwirte die Betreiber.

- 6) Gesamtwirtschaftlicher Multiplikationseffekt: Hier ist der Wald nur eine von vielen konkurrierenden Möglichkeiten, man denke nur an Industrieansiedlungen, Verbesserung der Infrastruktur, insbesondere der Verkehrswege, Konzentration der Mittel im Ausbildungswesen usw. Die hohen Zuwächse in Holzplantagen versprechen hier nicht nur eine günstige Verzinsung, sondern darüber hinaus Arbeitsplätze und Einkommen in den nachfolgenden den Rohstoff Holz verarbeitenden Industrien.
- 7) Holz als Energieträger: Brasilien verfügt lediglich über unbedeutende fossile Energieträger. Hier verstärkt sich der Multiplikationseffekt durch den kurzfristig zu erwartenden Bedarf von Holz als nachwachsenden Rohstoff.

In Anbetracht dieser Punkte scheint es verständlich, daß Plantagen als moderne Bewirtschaftungsform immer stärker bevorzugt werden.

Rund die Hälfte aller bisher aufgeforsteten Flächen wurden mit Eukalyptusarten, einer besonders schnellwachsenden Gattung (U = 8 - 10 Jahre, Verw. für Zellstoffindustrie) bepflanzt. Ihr Ertrag wird neben der Holzkohle- auch zur Zellstoff- und Papierherstellung verwandt.

Ein gutes Drittel der Aufforstungen konzentriert sich auf verschiedene mittelamerikanische Pinusarten, namentlich Pinus elliottii und Pinus taeda.

Das ursprüngliche Produktionsziel in diesen Plantagen, deren Flächenanteil im übrigen ständig wächst, war die Erziehung von papier-, zellstoff- und spanplattentauglichen Holzdimensionen. Aus heutiger Sicht scheinen jedoch, in Anbetracht des o. a. vermehrten Schnittholzbedarfes, sägetaugliche Sorten bei festen Marktpreisen besonders lohnend zu sein.

Zur Starkholzzucht bieten sich aufgrund ihrer Qualitätseigenschaften die vor allem im südlichen Teil Brasiliens beheimateten, bisher jedoch erst mit 3 % Flächenanteil vertretenen, Araucarien an. Hierbei muß allerdings, gegenüber den Kiefern- und Eukalyptusarten, die wesentlich längere Umtriebszeit berücksichtigt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bis zum Jahre 1980 der Plantagenanbau gegenüber der Plenterwirtschaft eindeutig überwiegt. Die Plantagenpflanzungen erstrecken sich dabei vor allem auf die dichter besiedelten industrialisierten Regionen des Südens (z. B. Paraná), des Südostens und des Ostens (siehe Tabelle 01, Anhang).

1.2 Problemstellung

Aufgrund des außerordentlich raschen Zuwachses ist die Bedeutung dieser Holzplantagen bereits heute wesentlich höher als es der noch geringe Flächenanteil vermuten läßt. Nach Entwicklung von geeigneten Pflanz- und Kultursicherungsverfahren ist es nun Aufgabe höchster Dringlichkeit, eine den natürlichen, infrastrukturellen wirtschaftlichen Restriktionen angepaßte sowie die speziellen Zielsetzungen der Investoren berücksichtigende Holzerntekonzeption zur Vor- und Endnutzung zu entwickeln.

Sowohl die brasilianischen Forstleute wie auch die Investoren als Waldeigentümer - meist Industriekonzerne mit nachgeschalteter Verarbeitung - wurden in der Vergangenheit kaum mit ähnlich gelagerten Bewirtschaftungsproblemen konfrontiert.

Die bisherigen Nutzungsmethoden in den, in der Mehrzahl erst 8 - 15 Jahre alten Plantagen, zeichnen sich durch hohe Handarbeitsanteile und einen sehr geringen fachlichen Ausbildungsstand der eingesetzten Waldarbeiter aus.

Bekanntlicherweise bedingt eine unorganisierte Arbeitsweise, neben anderen negativen Effekten, eine unvollkommene Ausnutzung des Rohstoffes Holz.

Zusätzlich sind neben diesen Holz- und Biomasseverlusten infolge stark steigender Lohnkosten, sowie aber auch Holzpreisen erhöhte wirtschaftliche Verluste zu erwarten.

Weiterhin kann ein zunehmender Mangel an, für die Waldarbeit geeigneten und motivierten Arbeitskräften im Bereich dieser Plantagenanbaugebiete beobachtet werden. Hier wirkt sich die meist siedlungs- und industrienähe Lage negativ durch Abwanderung aus.

Aus forstbenutzerischer Sicht können als integrale Bestandteile eines geeigneten modernen Ernteverfahrens folgende Zielsetzungselemente formuliert werden.:

- 1) Optimale Ausnutzung des zunehmend knapper und wertvoller werdenden Rohstoffes Holz.
- 2) Wirtschaftliche Bereitstellung zur raschen Verzinsung des eingesetzten Kapitals.
- 3) Kostengünstige Versorgung vertikal integrierter Holzindustrien mit Waldprodukten.
- 4) Berücksichtigung soziökonomischer Randbedingungen, insbesondere der Arbeitsmarktverhältnisse und infrastrukturellen Gegebenheiten.
- 5) Nachhaltige Sicherung der biologischen Produktionsgrundlagen.

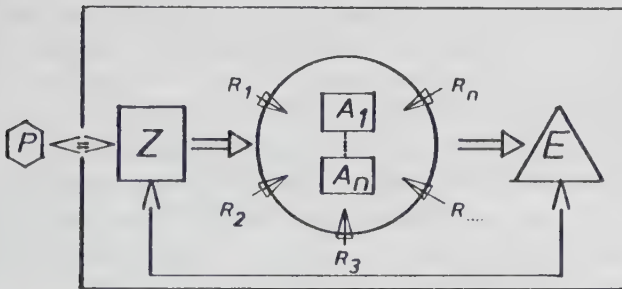
Es sind jene Holzernteverfahren zu bevorzugen, die die ökologischen, klimatischen und biologischen Umweltrestriktionen, insbesondere Erosionsschutz und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit verfolgen.

1.3 Untersuchungsaufgabe

Aus der Problemstellung ergibt sich die Untersuchungsaufgabe. Es wird der Versuch unternommen, aus der Vielzahl vorhandener praktizierter Holzerntesysteme und -verfahren das zur Erfüllung der beschriebenen Kriterien beste Verfahren in bezug auf die Plantagenwirtschaft auszuwählen. Die Entscheidung für ein Bestverfahren leitet sich aus den in den folgenden Abschnitten zu bestimmenden Kennziffern dieser Einzelverfahren ab.

2. Methodisches Vorgehen - Aufbau der Arbeit

Das methodische Vorgehen und der Aufbau der Arbeit wird anhand Darstellung O2 erklärt. Dabei wird eine Unterteilung in Teilaspekte vorgenommen, die einen logischen Zusammenhang aufweisen.



Legende

- P = Problemstellung
- Z = Zielvorgaben
- A₁...A_n = Alternativen
- R₁...R_n = Restriktionen
- E = Entscheidung

Darstellung O2: Methodischer Weg zur Entscheidungsfindung im Hinblick auf die gestellte Untersuchungsaufgabe

2.1 Verfahrensalternativen

Die in 1.3 aufgestellten Untersuchungsziele können in methodischer Hinsicht prinzipiell in zwei unterschiedlichen Vorgehensweisen gelöst werden.

Die erste Möglichkeit besteht in einer Analyse der Organisation und des technischen Ablaufs der Holzernte und Bereitstellung in einer Vielzahl von Betrieben des Untersuchungsgebietes. Der zweite Lösungssatz sieht eine Analyse bereits bestehender und praktizierter Modellösungen vor.

Wegen des vielschichtigen, komplexen Charakters der Fragestellung und vor allem, weil über in der Zukunft zu realisierende mögliche Systeme Aussagen getroffen werden sollen, erscheint die erste Lösungsmöglichkeit der Analyse der gegebenen Verhältnisse in brasilianischen Forstbetrieben wenig geeignet. Die Holzernte wird hier häufig wenig optimal, unter Ausnutzung des mehr oder weniger zufällig vorhandenen Personals und vorgefundener Geräte durchgeführt. Fortschrittliche Beispielsbetriebe, in denen die Auswirkungen der Einführung weiter entwickelter Technologien untersucht werden könnten, sind nur wenige vorhanden, und was eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse wenig sinnvoll erscheinen läßt, in der Regel auf die Produktionen eines einheitlichen Sortiments - meist Papierholz - spezialisiert. Versorgungsgesichtspunkte mit dem notwendigen Rohstoff sind hier vorrangig.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher der zweite Weg, nämlich der Entwicklung eigener Modelle für die Holzernte und Bereitstellung in Plantagenbetrieben beschritten. Dabei wurde auf die Entwicklung eigener Modelle verzichtet und anstatt dessen aus Mitteleuropa sowie Skandinavien und anderen Waldregionen bekannte, typische und grundsätzlich unterschiedliche, doch bereits bewährte Lösungen herangezogen. Es wurden drei Modellholzerntelösungen mit entsprechenden Varianten ausgewählt, die im Hauptteil der Arbeit in systematischer Weise analysiert und miteinander verglichen werden sollen. In der technisch-organisatorischen Beschreibung der Verfahren der verwendeten Maschinensysteme interessieren hier vor allem die zu ihrer Beurteilung notwendigen technologischen und betriebswirtschaftlichen Kennziffern, sowie die Merkmale zur Beurteilung möglicher Rückwirkungen der Modelllösungen auf ökologisch sozioökonomische Verhältnisse. In diesem Kernstück der Arbeit wird gleichzeitig auf die Problematik der Datenbeschaffung bzw. Datenermittlung bezüglich der verschiedenen Kennziffern hingewiesen.

In bezug auf die dargestellte Problematik wurden folgende Modellösungen ausgewählt:

- 1) Konventionelle Rohholzaufarbeitung, handarbeitsintensiv, geringer Mechanisierungsgrad.
- 2) Mobile Rohholzaufarbeitung, hochmechanisiert auf der Bestandesfläche bzw. auf der Rückegasse (zentrale Maschinen sind sogenannte Processoren).
- 3) Zentrale Aufarbeitung des Rohholzes auf fest installierten Anlagen, hochmechanisiert bis zur rechnergestützten Sorteneinteilung (Forstlicher Holzhof, Werksholzplatz).

Diese drei Verfahrensalternativen sind in Mittel- und Nordeuropa sowie in Nordamerika häufig anzutreffende Standardarbeitsverfahren.

An dieser Stelle sei auf die zahlreiche Literatur, vor allem von GRAMMEL (1978, 1979), BECKER (1974), WARKOTSCH (1975) hingewiesen. Es soll bereits hier zum Ausdruck gebracht werden, daß trotz Ausweisung einzelner Untervarianten wie z. B. die maschinelle Entrindung beim konventionellen Verfahren auf der Waldstraße, nur eine modellhafte Vereinfachung bzw. Zusammenfassung der nahezu unendlich großen Zahl von Verfahrensvarianten in der Untersuchung mit zugrundegelegt werden konnten. Bei der Beschreibung und Kennzeichnung der drei Holzerntemodelle wurde methodisch folgendermaßen vorgegangen:

Die benötigten Daten sollten, soweit wie möglich, aus vorliegenden, bereits durchgeführten Untersuchungen und Literaturangaben in den entsprechenden Einsatzgebieten gewonnen wer-

den. Bei unvollständigen, oder auf die speziellen Verhältnisse nicht anwendbaren Unterlagen waren eigene Untersuchungen durch den Autor vorgesehen. Zur Beschaffung unbekannter technischer und wirtschaftlich z. T. noch in der Entwicklung und Einführung begriffener Elemente waren also umfangreiche Arbeitsstudien, Leistungsuntersuchungen und Kostenkalkulationen notwendig. Eine eingehende Beschreibung, Analyse und Beurteilung dieser drei Modellverfahren erfolgt im Hauptteil in dieser Arbeit.

3. Restriktionen und Randbedingungen bei der Wahl von Holzerntesystemen

3.1 Definition der Außenbedingungen

Nach der Diskussion verschiedener Verfahrensalternativen besteht nun die Aufgabe, in einer zweiten Phase der Systementwicklung und Systemwahl die Grenzen des Raumes zu untersuchen, in dem eine Entscheidung für die eine oder andere Lösung überhaupt realisierbar erscheint. Die Grenzen dieses Raumes werden bestimmt durch Restriktionen, auch Rand- oder Außenbedingungen genannt (siehe Darstellung O2, Seite 11).

Gerade durch die, in der Einleitung beschriebenen, besonders labilen Bedingungen in beflußten Tropenwäldern, ist eine intensive Beschäftigung mit den Umweltrestriktionen unumgänglich. Sie soll jedoch nicht Kernpunkt der vorliegenden Arbeit bilden, sondern nur als Handlungsspielraum für die gewählten Holzerntesysteme dienen.

Die begrenzenden Faktoren für ein gewähltes Holzerntesystem lassen sich in drei Hauptgruppen einteilen:

1. Natürliche Gegebenheiten

Hierzu zählen die waldbaulich-biologischen Voraussetzungen, das waldbauliche Modell aber auch besonders die Gelände- und Bodenverhältnisse. Unter diesen Faktoren besitzt das waldbauliche Modell den größten Einfluß auf die gewählten Verfahrensalternativen und bestimmt in großem Maße die Vorgehensweise. Es soll daher in einem getrennten Abschnitt beschrieben werden.

2. Gesamtwirtschaftliche Situation

Die Wirtschaftlichkeit vom Holzernteverfahren wird vorrangig bestimmt durch die Verkehrslage und den Erschließungsgrad der Waldbestände, den Arbeitsmarkt, die Frage der Lohn- und Lohnnebenkosten sowie die gesamtpolitische Situation.

3. Institutionelle Rahmenbedingungen

Hier sind gesetzliche Normen und sonstige Regelungen zu beachten, die den Holzeinschlag, die Holzlagerung, den Rundholztransport und die Vermarktung restriktiv bestimmen.

3.2 Natürliche Gegebenheiten

3.2.1 Waldbaulich-biologische Vorgaben

Die zur Durchführung der Untersuchungsaufgabe eingesetzten mittel- und nordeuropäischen bzw. nordamerikanischen Holzerntemodelle stellen für die jeweiligen standörtlichen Verhältnisse angepaßte Standardarbeitsverfahren dar.

Tropische und subtropische Plantagenbetriebe unterscheiden sich von diesen Verhältnissen in wesentlichen Punkten. Wichtige Unterschiede werden in Tabelle 01 am Beispiel der mitteleuropäischen Bewirtschaftungsgrundsätze dargestellt.

Schlußfolgerungen:

Während bei der in Tabelle 01 charakterisierten Plantagenwirtschaft eine geringe Zahl einheitlicher Massensortimente bei extensiver Bewirtschaftung angestrebt wird, entsteht bei mitteleuropäischer Bewirtschaftung eine Vielzahl inhomogener Sorten.

Die Brücke zwischen diesen Gegensätzen bildet die nordeuropäische bzw. nordamerikanische Forstwirtschaft. Aufgrund der klimatischen Bedingungen wachsen hier einheitliche Bestände geringer, den Plantagenbetrieben vergleichbarer Dimensionen, bei jedoch langen Umtriebszeiten heran.

Diese Unterschiede haben zur Folge, daß in Mitteleuropa der Versuch, die Holzernte und den Holztransport zu mechanisieren, außerordentlich erschwert wird, während dies bei nord-europäischer- und plantagenartiger Bewirtschaftung leicht re-

Tabelle 01: Vergleich der Bewirtschaftungsgrundsätze bei mitteleuropäischen Verhältnissen und tropischen bzw. subtropischen Plantagenbetrieben

Mitteleuropäischer Waldbau	Tropischer und subtropischer Plantagenbetrieb
1. Begründung von Nadel- und Laubholzgemischbeständen möglichst auf dem Weg der Naturverjüngung 2. Intensive Jungbestandspflege 3. Periodische Durchforstungseingriffe (VN-Prozent: 30 bis 50 % des Gesamtzuwachses) 4. Lange Umrtriebszeiten (70 bis 200 Jahre zur Produktion von wertvollem Starkholz) Geringer durchschnittlicher Gesamtzuwachs (DGZ 100): Laubholz 2 - 7 fm Derbholz o. R./J/ha Kiefer 4 - 7 fm Derbholz o. R./J/ha Fichte, Tanne, Douglasie 5 - 15 fm Derbholz o. R./J/ha	1a. Landwirtschaftliche Anbaumethoden mit einheitlichen Baumarten (Monokulturen) b. Bodenbearbeitung und ggf. Düngung c. Schematische, maschinelle Bestandesbe-gründung 2. Extensivierung von Pflegemaßnahmen, vor allem durch mechanische bzw. chemische Unkrautbekämpfung 3. Minimierung der Zahl der Durchforstungs-eingriffe, schematische Stammzahlreduktion 4. Kurzumtriebe (10 bis 30 Jahre) mit schnellwachsenden Baumarten zur Produktion von Massensortimenten: <u>Gmelina arborea</u> für Zellstoff u. Papier, <u>Eukalyptus spec.</u> für Zellstoff u. Papier, Telefonmasten, Schnittholz <u>Pinus caribaea</u> für Zellstoff u. Papier, Bauholz <u>Pinus eliottii</u> für Zellstoff u. Papier, Bauholz <u>Pinus taeda</u> für Zellstoff u. Papier Weltweit bekannt in Plantagenbetrieben sind die Baumarten <u>Pinus radiata</u> aber auch <u>Tectona grandis</u>, beide Baumarten im Untersuchungsgebiet jedoch nicht er-folgreich.

alisierbar erscheint. Insbesondere der Plantagenanbau erleichtert die mechanische Bewirtschaftung. Allerdings ist nicht zu verkennen, daß man bisher versäumt hat neben der Rationalisierung der Eingriffe auch den Wert der erzeugten Produkte - wie in Mitteleuropa selbstverständlich - zu maximieren.

3.2.2 Geländebeschaffenheit

Die Kenntnis der Geländebeziehungen ist eine wichtige Entscheidungsgrundlage des Betriebes. Die Hangneigung, die Ausformung der Bodenoberfläche und ähnliche Eigenschaften beeinflussen die Verfahrens- und Maschinenentwicklung, die Beschaffung und die Anwendung der Systeme. Auch bei Betriebsvergleichen spielen die Geländebeziehungen zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen, unter denen bestimmte Leistungen, Erlös- und Kostenstrukturen auftreten, eine wichtige Rolle. Dies gilt auch für regionale und internationale Vergleiche.

Zwangsläufig spielt die Frage einer einheitlichen Geländeklassifikation eine große Rolle. Besonders intensiv hat sich mit diesem Problem das JOINT COMMITTEE FAO ECE ILO befaßt und entsprechende Vorschläge ausgearbeitet. Nach Auswertung der einschlägigen Literatur können grundsätzlich zwei Klassifikationsweisen unterschieden werden. Die eine ist anwendungsorientiert und ermöglicht eine Aussage ob z. B. ein Gelände mit Schleppern noch befahrbar ist oder nicht. Hierbei empfiehlt sich die Verwendung eines geeichten Testschleppers um Geländebestandteile entsprechend einordnen zu können. Dem gegenübergestellt wird eine Klassifizierung nach ausschließlich quantitativ meßbaren Kriterien, welche in physikalischen Größen ausgedrückt werden können, wie z. B. Grad, Prozent, kg/cm^2 usw.

RECHSTEINER (1976) bemühte sich um eine klare Analyse des Geländes. Er unterschied folgende Geländemerkmale:

- a) Hangneigung und Hangform als Merkmale der Makrotopographie
- b) Oberflächengestalt, d. h. die Zahl der Hindernisse, deren Dichte je Flächeneinheit, sowie deren Hindernishöhe und Hindernissteilheit als Merkmale der Mikrotopographie.
- c) Bodenbeschaffenheit bzw. Bodentragfähigkeit (wird unter Punkt 3.2.3 diskutiert).

Nach RECHSTEINER ist der Standort ausreichend exakt beschrieben, wenn man zu den Geländemerkmale Daten über die Exposition, die Lage im Koordinatensystem usw. hinzufügt.

Das Untersuchungsgebiet weist Hangneigungen zwischen 0 und 35 % auf und erlaubt damit in der Regel zumindest die Fahrt mit Schleppern oder Erntemaschinen im Gefälle. Die Exposition spielt, als Folge des Sonnenstandes keine wesentliche Rolle. Auch Bodenhindernisse, als Teil der Mikrotopographie, können in der Regel vernachlässigt werden. Hinzu kommt, daß Rodungen im allgemeinen auf flacheres Gelände beschränkt bleiben. Insgesamt gesehen werden deshalb von diesen Merkmalen des Geländes keine wesentlichen Einschränkungen der Systemwahlmöglichkeiten gegeben sein.

3.2.3 Bodentragfähigkeit

Unter der Bodentragfähigkeit versteht man die Eigenschaft eines Bodens, ein lasttragendes oder lastziehendes Fahrzeug tragen zu können, d. h. seine Bewegung im Gelände zu ermöglichen.

Demgegenüber steht der Bodendruck, den das Fahrzeug auf den Boden ausübt. Dieser wird in kp/cm^2 ausgedrückt. Nach LOYCKE (1962) weisen charakteristische Böden folgende Tragfähigkeiten auf:

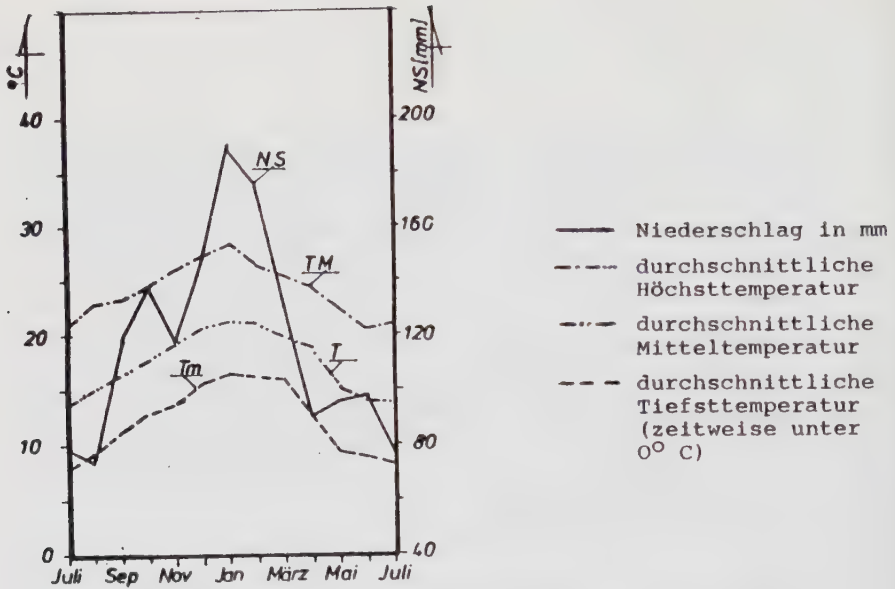
Moorböden:	0,2 bis 0,5 kp/cm^2
Tonböden:	0,5 bis 1,5 kp/cm^2
sandige Lehme und lehmige Sande:	1,5 bis 3,0 kp/cm^2
Kiesböden:	bis 5,0 kp/cm^2 usw.

Demgegenüber beträgt der Bodendruck bei:

leichten Raupenfahrzeugen:	0,1 bis 0,3 kp/cm^2
breitreifenbestückten Schleppern:	0,3 bis 0,5 kp/cm^2
Forstspezialschleppern:	0,4 bis 1,5 kp/cm^2
Agrarschleppern:	1,2 bis 2,5 kp/cm^2
beim Mensch:	1,7 kp/cm^2

Die Frage der Meßmethodik zur Bestimmung der Bodentragfähigkeit ist noch in Entwicklung begriffen. Anhand von Penetrometermessungen und Plattendruckversuchen versucht man zu relativen Werten zu gelangen. Sichere Unterlagen können jedoch nur durch Bodenanalysen unter Laborbedingungen gewonnen werden.

Im Untersuchungsgebiet (Staat Paraná) durchgeführte Bodenanalysen (DE HOOG, 1979) zeigen, wie aus Tabelle 02, Seite 23, ersichtlich ist, daß die Bodentragfähigkeit eine echte Restriktion darstellt.



Darstellung O3: Klimadiagramm (nach MAACK (1968)) nach durchschnittlichen Werten der Stationen Curitiba, Ponta Grossa, Castro, Londrina (alle im Bundesstaat Paraná)

Es handelt sich vorwiegend um tiefgründigen Boden mit hohem Ton- und Schluffgehalt (Latosole). Charakteristisch ist zwar eine hohe Aggregatstabilität, aber auch eine besonders hohe Wasserleitfähigkeit. Im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Kulturen vermindert der starke Nadelabfall in Kiefernkulturen die Erosionsgefahr.

Bringt man den jährlichen Verlauf der Niederschläge (Darstellung nach MAACK (1968)) in Verbindung mit der Korngrößenverteilung des Bodens, so stellt man fest, daß eine Befahrung in den Monaten Dezember, Januar, Februar mit Sicherheit erheblichen Einschränkungen unterliegt. Die durchschnittlichen Niederschläge in diesen Monaten in Höhe von 160 bis 200 mm weisen darauf hin, daß es kaum möglich sein wird, die Flächen- bzw. Maschinenwege ohne sehr teure Stabilisierungsmaßnahmen ganzjährig zu befahren.

Tabelle 02: Durchschnittliche Korngrößenverteilung von Bodeneinheiten (Grande Grupos), der brasilianischen Bodensystematik

Bodentyp	Ausgangsdaten	Korngrößenverteilung in %					
		"A" Horizont			"B" Horizont		
		Sand	Schluff	Ton	Sand	Schluff	Ton
1.1 Latosol - dunkelrot - dystroph	aus Sandstein	57	14	29	52	14	34
	aus Argillit und Syltit	14	14	52	23	13	64
	aus Basalt	20	16	65	10	8	82
1.2 Latosol	blaurot, dystroph aus Basalt	15	9	76	13	12	75
1.3 Latosol	rotgelb, eutroph aus Gneis	52	4	44	36	8	56
1.4 Latosol	rotgelb, eutroph aus mika, xisto oder Fyllit (Phyllit)	48	10	42	41	5	54
1.5 Latosol	braun, dystroph aus Basalt	6	16	78	7	15	78
2.1 Podsol	rotgelb aus Argillit und Syltit	21	18	51	11	21	68
2.2 Laterit	braunrot aus Basalt	22	19	59	10	16	66
3.1 Kambisol	feucht, dystroph nicht Basalt	38	13	44	42	22	36
3.2 Kambisol	feucht, dystroph aus Basalt	37	19	44	16	26	54
4. Litosol (wenig entwickelte Böden, Ausgangsgestein hoch anstehend)		keine Literaturangaben					

Einteilung: Sand - von 2,0 bis 0,050 mm
 Schluff - von 0,5 bis 0,002 mm
 Ton - weniger als 0,002 mm

Die klimatischen Einflüsse verursachen betriebswirtschaftliche Probleme im Hinblick auf die Veränderung der Kostenstruktur, insbesondere auf die Abschreibung und die Verzinsung des eingesetzten Kapitals. Bei Forstmaschinen ist eine jährliche Auslastungsdauer zwischen 1500 und 2200 Einsatzstunden anzustreben. Im Bereich zwischen 1000 und 1500 Stunden fällt die

Kostenkurve noch sehr stark, so daß eine zu geringe Auslastung eine erhebliche Kostensteigerung mit sich bringt. GRAMMEL (1966) hat dies insbesondere bei mobilen Entrindungsmaschinen nachgewiesen. Dieselbe Gesetzmäßigkeit gilt aber auch für Rückeschlepper aller Art, insbesondere für Großerntemaschinen.

Die Praxis lehrt, daß sowohl Maschinenwege im Gelände als auch nicht befestigte oder mit einer wasserabweisenden Oberfläche versehene Waldstraßen innerhalb 24 Stunden nach stärkeren Regenfällen auf derartigen Böden nicht befahren werden sollten. Nicht nur die Leistung würde hierbei erheblich absinken, die Fahrtrassen würden auch zerstört werden. Im trockenen Zustand hingegen besitzen Larosole eine ausreichende Tragfähigkeit auch schwerste Lasten zu tragen.

In tropischen Regionen, mit täglichen Regenfällen, weicht man deshalb bei der Rückearbeit auf die Verwendung von Raupenschleppern aus. Dank des geringen Bodendruckes und der Verwendung von stählernen, mit scharfen Kanten versehenen Ketten, bewältigen diese Fahrzeuge auch schwierigste Böden. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß sich der Einsatz von Kettenfahrzeugen bei Durchforstungseingriffen, insbesondere in Kiefern- und anderen Nadelholzplantagen, wegen der zu erwartenden Wurzelschäden von selbst verbietet. Es ist zu prüfen, ob der Laub- bzw. Nadelabfall eine Befahrbarkeit des Bodens mit Forstspezialschleppern ermöglicht.

Um die Waldstraßen regelmäßig auch mit schweren Lastkraftwagen und schwersten Holzlasten befahren zu können verwendet man in den Tropen und Subtropen häufig den tiefer anstehen-

den Laterithorizont als Wegoberfläche. Dieser stellt eine sehr tragfähige Tragschicht dar.

Die im Untersuchungsgebiet ebenfalls in größerem Umfang anstehenden Litosole weisen hingegen dank der höheren Sandkomponente eine wesentlich günstigere Bodentragfähigkeit auf. Auf diesen wenig entwickelten, meist nicht sehr tiefgründigen Böden können, soweit nicht ein besonders hoher Wassergehalt die Bodentragfähigkeit wesentlich herabsetzt, Rückenschlepper aber auch Erntemaschinen ganzjährig verkehren.

3.3 Die wirtschaftlichen Verhältnisse als Restriktion

Der restriktive Charakter der gesamtwirtschaftlichen Lage äußert sich in der Raumgebundenheit aber auch in der Raumwirksamkeit sowohl der beteiligten holzerzeugenden als auch der holzverarbeitenden Betriebe (WINDHORST, 1980).

Wie bereits oben angesprochen, werden die Untersuchungsbedingungen der Wirtschaftssubjekte vor allem durch den erntesystemspezifischen Flächenbedarf, den Holzmarkt d. h. die Struktur der holzbe- und verarbeitenden Industrie, die Verkehrslage im Hinblick auf die Belieferung dieser Industrien und Exportmöglichkeiten der Produkte, sowie den Arbeitsmarkt mit den damit verbundenen Fragen der Lohn- und Lohnnebenkosten beeinflusst.

3.3.1 Verkehrslage

Während die Forstbesitzgrößen u. a. auch dank der sehr hohen Flächenproduktivität der angebauten Plantagenhölzer im Untersuchungsgebiet nur selten einen begrenzenden Faktor darstellen und gerade der Staat Paraná sich durch eine sehr vielseitige und potente Holzindustrie auszeichnet, kommt vor allem der Verkehrslage und der Transportkapazität eine besondere Bedeutung zu. Erste Untersuchungen sprechen dafür, daß zwar in der Regel sogenanntes Blochholz ohne größere Schwierigkeiten transportiert werden kann, jedoch der Versuch Langholz, Rohschäfte oder gar Vollbäume zu transportieren trotz geeigneter Wegekapazität, Schwierigkeiten bereiten würde. Diese Schwierigkeiten sind in einer fehlenden Transportkapazität für lange Hölzer begründet. In Brasilien sind mit Nachläufen ausgerüstete Langholzfahrzeuge oder aber Sattelaufle-

gerfahrzeuge mit entsprechender Ladeflächenmenge praktisch unbekannt. Hinzu kommt, daß sich die Holzindustrie vollkommen auf Blochlängen eingestellt hat, und es erheblicher Investitionen bedürfte, die vorhandenen Rundholzplätze auf andere, d. h. größere Längen umzurüsten.

Das Straßennetz selbst weist für die Belange der Forstwirtschaft günstige Eigenschaften auf. Auch die nicht mit einer Teer- oder Bitumendecke versehenen Straßen erweisen sich als sehr tragfähig und können ohne weiteres mit den entsprechenden Holzlasten befahren werden. Das Eisenbahnnetz ist nur weitmaschig im Staat Paraná vorhanden, bietet aber bei subventionierten Tarifen günstige Transportmöglichkeiten zur Küste, insbesondere zum Exporthafen Baranaqua.

3.3.2 Der Arbeitsmarkt

Hervorgerufen durch die spezifischen Eigenarten des Forstbetriebes im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen variiert die Arbeitskapazität ihren Merkmalen nach sehr stark. Es werden sowohl Männer als auch Frauen hauptberuflich und saisonal beschäftigt. Der Ausbildungsstand ist unterschiedlich, im allgemeinen jedoch als gering zu bewerten. Das Alter streut in der Regel sehr weit. Je nach Intensität der Verbindung zu landwirtschaftlicher Tätigkeit schwankt die Beschäftigungsdauer je Jahr von unregelmäßiger Tätigkeit über regelmäßige Beschäftigung bis hin zur Stammarbeitereigenschaft. Zur Bewältigung der im Betrieb anfallenden Arbeiten werden zwei Beschäftigungsformen unterschieden. Denkbar ist zum einen die Regiearbeit, bei der nur betriebseigene Arbeitskräfte eingesetzt werden, zum anderen die teilweise oder voll-

ständige Unternehmertätigkeit, bei der das Arbeitsprogramm über Werksverträge abgearbeitet wird. In diesen Fällen übernehmen sogenannte Serviceunternehmen im Auftrag des Waldbesitzers oder auch des Holzkäufers Holzeinschlag und Holztransport.

Die Versorgung mit Arbeitskräften wird durch die hohe Arbeitslosigkeit in der industrie- und verkehrsarmen brasilianischen Region, in der das Untersuchungsgebiet liegt, bestimmt. Da diese vor allem struktureller Art ist, kann davon ausgegangen werden, daß es keine Schwierigkeiten bereitet eine ausreichende Zahl von Arbeitskräften zu beschaffen.

Bei der beruflichen Qualifikation der eingesetzten Arbeiter besteht noch ein erheblicher Engpaß. Es steht außer Frage, daß gerade in bezug auf die Ausbildung qualifizierterer Kräfte erhebliche Basisarbeit geleistet werden muß. Bei der späteren Beschreibung der Struktur hochmechanisierter Erntetechniken wird auf diesen Punkt besonders eingegangen werden.

Im Zusammenhang mit der Qualifikation der Arbeitskräfte muß auf einen Konflikt hingewiesen werden, der in den Diskussionen des Weltkongresses 1978 in Jakarta, Indonesien, besonders stark zum Ausdruck gebracht wurde. Dieser stellt sich wie folgt dar: dem hohen Angebot billiger Arbeitskräfte zur Anwendung handarbeitsintensiver Ernteverfahren stehen hochtechnisierte Alternativen gegenüber, die einen außerordentlichen geringen Personalbedarf aufweisen. Diese Problematik trifft aufgrund der hohen Arbeitslosigkeit auch für das Untersuchungsgebiet zu. Die Wahl also zwischen eventueller Vollbeschäftigung und den möglichen Anschluß an den in den Industrieländern üblichen technischen Entwicklungsstand

stellt eine politische Entscheidung dar. Sie kann deshalb nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sein. Bei der Behandlung dieser Problematik spielen noch weitere Gesichtspunkte eine Rolle. Die Frage der Technisierung berührt einen arbeitspsychologischen Aspekt, da sich die Arbeitskräfte mittlerweile den technischen Möglichkeiten voll bewußt sind und dementsprechend eine ihren Fähigkeiten angepaßte Arbeit fordern. Weiterhin wird, wie die Praxis beweist, die Arbeitsschwere und die Unfallgefährdung durch einen höheren Mechanisierungsgrad herabgesetzt. Nicht zuletzt hängt das Ziel, qualitäts- und sortenmäßig konkurrenzfähige Produkte zu erzeugen, eng mit dem Mechanisierungsgrad zusammen. Im übrigen wäre es grundsätzlich gesehen falsch, auf mögliche Kosteneinsparungen durch hochmechanisierte Arbeitsverfahren zu verzichten. Dann gesparte finanzielle Mittel können an anderer Stelle wieder zweckmäßig investiert werden.

3.3.3 Lohnkosten und Lohnnebenkosten

Vergleicht man mitteleuropäische und brasilianische Lohnkostenstrukturen (d. h. Bruttolohn, Nettolohn, Lohnnebenkosten usw.) so stellt man für das Untersuchungsgebiet wesentlich niedrigeres Lohnniveau fest. Der Bruttolohn betrug im Jahre 1979 rund 1,40 DM/Std. Von besonderem Interesse ist, daß der Anteil an Lohnnebenkosten auch in Brasilien verhältnismäßig hoch ist. Er beträgt derzeit (1980) ca. 70 % und entspricht damit den Verhältnissen, die in der deutschen Industrie, aber auch in den bundesrepublikanischen Privatforstverwaltungen anfallen. Um einen Vergleich zu den Staatsforsten mit 90 bis 120 % Lohnnebenkostenanteilen ziehen zu können, werden bei den späteren Vergleichskalkulationen auch solche Modelle berücksichtigt (110 %).

Wie auch in der Bundesrepublik bilden die Krankenversicherung, Unfallversicherung, Rentenversicherung, Arbeitsförderung sowie eine Altershilfe für Landwirte die Bestandteile der Lohnnebenkosten bzw. Lohnzusatzkosten. Aufgegliedert nach Lohnformen, d. h. nach zeitbezogener Arbeitsentlohnung, Entlohnung nach Leistung (Stücklohn, Akkordlohn) und Prämienlohn fällt in Brasilien der hohe Anteil an Zeitlohn auf. Akkord- bzw. Stücklöhne werden nur in Ausnahmefällen gewährt, wobei in der Waldarbeit Gruppenakkorde die Regel sind. In diesen Fällen werden vorzugsweise auch andere Familienmitglieder, wie Frauen und die älteren Kinder in die Akkordarbeit miteingesetzt. Was das Entlohnungsintervall anbetrifft, werden sowohl Stunden-, Tages-, als auch Wochenlöhne bezahlt. Früher war die tägliche Entlohnung die Regel, heute wird fast ausschließlich eine monatliche Lohnauszahlung angewendet.

3.4 Institutionelle Restriktionen

Als institutionelle Restriktionen bezeichnet man diejenigen Entscheidungen, die durch allgemeine, besonders aber durch die Forst- und Waldgesetze gezogen werden.

Zu den allgemeinen Gesetzen und Verordnungen ist z. B. die Straßenverkehrszulassungsordnung zu zählen, die die Fahrzeuglänge und Nutzlast bestimmt.

Das brasilianische Arbeitsrecht setzt Normen bei der Planung bzw. Wahl neuer Holzernteverfahren. Dies betrifft vor allem die Unfallverhütungsvorschriften, Minimumlöhne, die Entrichtung von Lohnnebenkosten, die Gewährung von Urlaubszeiten und den Kündigungsschutz.

Die brasilianische Forstgesetzgebung (Código Florestal) enthält ebenfalls einige, doch recht schwerwiegende eingrenzende Bestimmungen. In Landschaftsschutzgebieten bzw. Naturschutzgebieten darf Holzernte nur auf Flächen betrieben werden, die nicht mehr als 45 % Hangneigung aufweisen. Kahlschläge sind im Quellbereich von Flüssen sowie in deren Uferbereich verboten. Ausnahmegenehmigungen werden erteilt vom IBDF (Instituto Brasileiro Desenvolvimento Florestal, Brasilianisches Institut für Forstentwicklung).

Die Papier-, Zellstoff-, Platten- und Sägeindustrie sind verpflichtet, je Festmeter Holz, der geschlagen wird, mindestens vier Jungbäume der gleichen Baumart zu pflanzen.

Besondere Probleme wirft der Holztransport im Zusammenhang mit der Erschließung der Regionen auf. Da das Netz öffentlicher Straßen zwangsläufig wenig dicht ist, schließen die Eigentümer ihre Besitze durch eigene Straßen und Wege auf. Um diese zur Erreichung öffentlicher Straßen benutzen zu können, muß jeweils die Zustimmung der Eigentümer eingeholt werden.

4. Waldbaulich ertragskundliches Modell des Ernteeingriffs

Die konkurrierenden Erntetechniken sollen waldbaulich ertragskundliche Wachstumsmodelle der zu untersuchenden mittelamerikanischen Kiefernarten gegenübergestellt werden. Hierbei soll der Versuch unternommen werden, die waldbaulich geplanten Vor- und Endnutzungen nach forstbenutzungs- bzw. erntetechnischen Merkmalen zu quantifizieren. Im einzelnen interessieren vorrangig folgende Werte:

- 1) die je Eingriff/ha zu entnehmende Stammzahl
- 2) der mittlere Brusthöhen, Mitten- und Zopfdurchmesser dieser Bäume, sowie deren Streuung
- 3) die durchschnittliche Stückmasse, sowie deren Streuung
- 4) der Rinden-, Ast- und Nadelanteil am Stückvolumen.
Es soll darauf hingewiesen werden, daß sämtliche Kalkulationen anhand des Erntefestmeters ohne Rinde (Efm o. R.), im Gegensatz zu den üblichen forstlichen Ertragstafeln, die vom Vorratsfestmeter Derbholz, in Ausnahmefällen vom fm Baumholz, aber selten vom entrindeten Produkt ausgehen, erfolgen sollen.

Objekt der vorliegenden Untersuchung sind Plantagen-Wälder, d. h. Aufforstungen in Form von Reinbeständen von Pinus elliottii und Pinus taeda. Die Bestände werden mit kurzen Umtriebszeiten bewirtschaftet (25 bis 30 Jahre). Es erfolgen mehrere Eingriffe.

4.1 Natürlicher und wirtschaftlicher Standort

4.1.1 Geländebeziehungen

Das Modell geht von folgenden Geländebeziehungen aus:
Die Aufforstungen werden in ebenen bis leicht geneigten (lt. gesetzlicher Anweisung max. Hangneigung 45 %) Geländen angelegt, so daß ein Befahren mit speziellen Forstschleppern grundsätzlich möglich ist, bei den größeren Hangneigungen allerdings nur in Hangrichtung.

4.1.2 Klima, Böden

Das Klima kann als sehr günstig angesprochen werden. Einer Regenperiode zwischen den Monaten September und Januar die überall dort, wo keine festen Waldstraßen vorhanden sind, Schwierigkeiten beim Holztransport mit sich bringt, folgt eine längere Trockenperiode. Bei den Böden handelt es sich im untersuchten und dem Modell zugrundeliegenden Fall um tiefgründige Urgesteinsverwitterungsböden, sogenannte Latosole, mit den gewohnten typischen Eigenschaften, insbesondere der Skelettarmut im oberen Bodenteil.

4.1.3 Bestandsstruktur und Erschließung

Bei Aufforstungen wird im allgemeinen von Blöcken mit 40 bis 50 ha ausgegangen. Die Aufforstungsflächen werden von meist rechtwinklig angelegte Waldstraßen und Maschinenwegen durchzogen. Auch die Erdwege können von Lastkraftwagen bis 6 t Tragkraft (mit Doppelachse) in der Regel ganzjährig, allerdings mit gewissen Einschränkungen in der eigentlichen Regenzeit oder

aber auch nach Regenperioden mit einer Dauer von mehr als drei Tagen, befahren werden. Die Straßenabstände betragen normalerweise 150 bis 200 m. Die Hauptfahrstraßen können das ganze Jahr über für Holztransporte benutzt werden, sie stellen meist gleichzeitig Ortsverbindungsstraßen dar.

Gerade im Plantagenbetrieb kommt der Planung des Waldstraßennetzes aber auch der Anlage von Maschinenwegen eine besondere Bedeutung zu. Die Qualität des Waldstraßennetzes ist abhängig von den:

- 1) lokalen Bedingungen für die technische Produktion, wie Topographie, Bodentragfähigkeit, Klima usw.
- 2) technischen Möglichkeiten und den zur Verfügung stehenden Investitionsmitteln, also insbesondere der wirtschaftlichen Situation der Forstindustrie
- 3) Anforderungen der Forstindustrie in bezug auf die anfallenden Mengen und Sortimente beim Abtransport des Holzes

Die Planung selbst erfolgt in folgenden, gewohnten Schritten:

- 1) Feststellen der Bedürfnisse aller an der Nutzung beteiligten Interessengruppen
- 2) Formulierung der Forderungen an das Waldstraßennetz, entsprechend der geplanten Infrastruktur
- 3) Ausarbeitung verschiedener Erschließungsvarianten
- 4) Vergleich verschiedener Alternativen und Entscheidung für die festgestellte beste Lösung

4.1.4 Feinerschließung

Ebenso wie im forstlichen Normalbetrieb werden auch in Plantagen Rückegassen bzw. Maschinenwege benötigt. Diese werden auch bei der Anwendung von Ernteverfahren mit sehr niedrigem Mechanisierungsgrad, d. h. beim Vorliefern des Holzes von Hand oder mit Tieren, angelegt. Die Rückegassen bzw. Maschinenwege, wobei erstere in ebeneren Lagen, letztere an Hängen künstlich mit Hilfe von Planierraupen durchgeschoben werden, weisen üblicherweise eine Breite von 3,0 bis 3,5 m auf.

Sie haben drei Funktionen STEINLIN (1963):

1. Technische Funktion:

Erleichterung des Verkehrs von Forstmaschinen oder leichten LKW's in der Plantage, zwischen den verschiedenen Teilen des Bestandes und Waldstraßen.

2. Biologische Funktion:

Konzentrierung des Rückeverkehrs auf geplanten Linien um die Fläche zwischen diesen zu schonen.

3. Wirtschaftliche Funktion:

Minimierung der Rückekosten auf den Rückewegen und der Kosten für das Vorliefern des Holzes vom Fällort an die Rückegasse.

Der Ausbau der Rückegassen beschränkt sich auf ein Minimum, die Stöcke sollen möglichst tief abgeschnitten werden, gelegentlich müssen größere Steine entfernt oder Gräben verdolt werden. Die Einmündungen werden krückstockartig ausgebaut oder auch nur verbreitert.

Der Rückegasseabstand wird z. Z. noch durch die Entnahme jeder 10. Reihe bestimmt, er beträgt demnach 40 bis 50 m, die Rückegassenbreite 4 bis 5 m. Damit kann diese, wie erwähnt, auch mit Schleppern und kleinen LKW's ohne Schwierigkeiten befahren werden.

Selbstverständlich muß in die Planung bzw. in die Entscheidung für ein bestimmtes Erntemodell das System der Rückegassen- und Maschinenwege, aber auch das Netz der Waldstraßen mit einbezogen werden. Es wird eine Aufgabe dieser Arbeit sein, Hinweise auf die Zweckmäßigkeit des bisherigen Vorgehens oder aber notwendige Änderungen zu erarbeiten.

4.2 Das waldbauliche Modell

4.2.1 Grundlagen

Von dem Ziel ausgehend ein Modell zu wählen, das auf größerer Fläche Anwendung findet und auch die erntetechnisch charakteristische Eigenschaften einer Plantage aufweisen sollte, wird von Werten ausgegangen, die die FUFEP (Fundação de Pesquisas Florestais, Forstliche Versuchsanstalt in der Fakultät Curitiba) erarbeitet hat. Diese beziehen sich auf die Baumart Pinus elliottii. Ergänzt wurden die in Form einer Ertragstafel vorliegenden Wachstumsmodelle durch eine breit angelegte Fragebogenaktion. Diese Fragebogen (siehe Anhang 02) wurden ausdrücklich im Hinblick auf die erntetechnischen Überlegungen entwickelt und an die brasilianische Forstindustrie versandt. Wie erwartet war der Rückfluß der Fragebogen zahlenmäßig gering, liegen doch praktisch kaum Erfahrungen für Plantagen vor. Dies betrifft vor allem Werte für den Zeitpunkt, die Art und Stärke der Durchforstungen sowie der Endnutzung. Als besonders wertvoll haben sich allerdings die Auskünfte einer Unternehmung aus dem südbrasilianischen Staat Santa Catarina in Curitiba erwiesen. Die dort arbeitende P.C.C. (Papel e Celulose Catarinense) untersuchte anhand von Probebeständen den Holzanfall für die verschiedenen Durchforstungen sowie die Endnutzung zu prognostizieren. Diese Zahlen wurden dem waldbaulichen Modell, das weiter unten beschrieben wird, zugrundegelegt.

Weiterhin wurden dem Modell drei verschiedene Bodenklassen zugrundegelegt. Diese werden nach der bei einem bestimmten Bestandesalter erreichten Bestandesoberhöhe eingeteilt.

4.2.2 Modellaufbau

Bei der Beschreibung der Modelle ist vorweg die wichtige Anmerkung notwendig, daß es sich bei diesen nicht ausschließlich um das Resultat waldbaulich ertragskundlicher Überlegungen handelt, sondern auch die Gewohnheiten der Praxis mit einbezogen werden. Da das waldbauliche Modell selbst nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist, soll dies nur in knapper Form dargestellt werden. Von höherer Bedeutung sind jedoch diejenigen Daten die sich als Planungsgrundlage für die Holzerntearbeiten aus ihm ableiten lassen.

Die Bestandesbegründung beginnt mit der Rodung von 40 bis 50 ha großen Flächen und entsprechender Bodenvorbereitung. Die Aufforstung ist gekennzeichnet durch Pflanzverbände zwischen 2 x 2 bis 2 x 2,5 m (2500 Pflanzen bzw. 2000 Pflanzen/ha). Es wird diskutiert von dem hier verwendeten Rechteckverband in Zukunft auf Reihenverbände überzugehen.

Die Aufforstungen genießen in den ersten Jahren eine intensive Bestandespflege. Zunächst wird im ersten Jahr gehackt, im zweiten Jahr folgt ein zweiter Hack- sowie ein Mähvorgang, im dritten Jahr werden die Pflanzen einzeln ein weiteres Mal ausgeskesselt. Die Auswahl der Pflanzen erfolgt in der Regel sehr sorgfältig. Schlechtwüchsige werden ausgesondert. Dies betrifft vor allem zur Verzwieselung neigende Pflanzen sowie schlechtwüchsige Exemplare.

Bei den Durforstungseingriffen liegen bis jetzt noch wenig gesicherte Erkenntnisse vor. Es wurden daher die Daten aus den Probeständen der in Santa Catarina arbeitenden P.C.C. verwendet. Die wichtigsten ertragskundlichen Daten sind in Tabelle 03

Tabelle O3: Standort bzw. Bodenklassen 1, 2, 3 und ihre Bedeutung bezüglich des Holzernteprogramms für Pinus elliotti (Plantage in Brasilien)

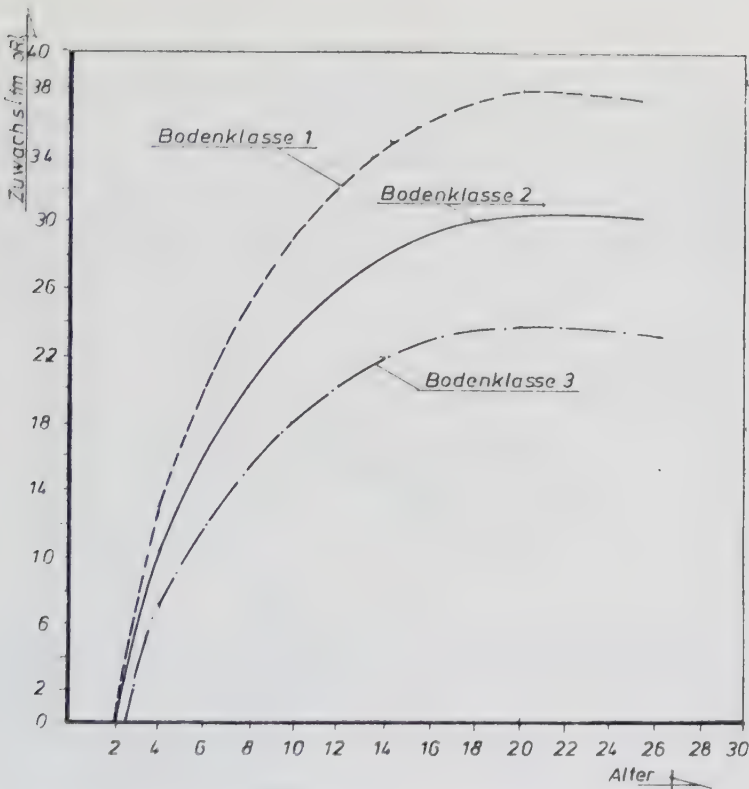
Boden- klasse	Variable	1. Durchforstung	2. Durchforstung	3. Durchforstung	Endnutzung	
1	Jahre des Eingriffs	8/9	12/13	16/17	25	-
	durchschnittlicher BHD cm o. R. (ausscheidender BHD)	18,0	21,0	25,0	40,0	-
	Mittelhöhe (m) (ausscheidender Bestand)	11,0	17,5	21,0	30,0	-
	Stammzahlentnahme	900	440	260	400	2000
	durchschnittliches Volumen/Baum Fm m. R. (ausscheidender Bestand)	0,118888	0,2431818	0,4115384	1,556	-
	durchschnittliches Volumen/ha Fm m. R. (ausscheidender Bestand)	107,0	107,0	107,0	622,4	943,4
	durchschnittliches Volumen/Baum Fm o. R. (ausscheidender Bestand)	0,0920194	0,1896819	0,32511154	1,27592	-
	durchschnittliches Volumen/ha Fm o. R. (ausscheidender Bestand)	82,82	83,46	84,53	510,37	761,72
2	Jahre des Eingriffs	8/9	12/13	16/17	25	-
	durchschnittlicher BHD cm o. R. (ausscheidender BHD)	17,0	20,0	23,0	37,0	-
	Mittelhöhe (m) (ausscheidender Bestand)	10,0	16,5	20,0	27,0	-
	Stammzahlentnahme	900	440	260	400	2000
	durchschnittliches Volumen/Baum Fm m. R. (ausscheidender Bestand)	0,09533	0,1950	0,330	1,2455	-
	durchschnittliches Volumen/ha Fm m. R. (ausscheidender Bestand)	85,8	85,8	85,8	498,2	755,6
	durchschnittliches Volumen/Baum Fm o. R. (ausscheidender Bestand)	0,072454	0,151125	0,25575	1,02131	-
	durchschnittliches Volumen/ha Fm o. R. (ausscheidender Bestand)	65,21	66,50	66,49	408,5	541,49
3	Jahre des Eingriffs	8/9	12/13	16/17	25	-
	durchschnittlicher BHD cm o. R. (ausscheidender BHD)	16,0	19,0	21,0	34,0	-
	Mittelhöhe (m) (ausscheidender Bestand)	9,0	13,0	18,0	24,0	-
	Stammzahlentnahme	900	440	260	400	2000
	durchschnittliches Volumen/Baum Fm m. R. (ausscheidender Bestand)	0,074222	0,151818	0,256923	0,967	-
	durchschnittliches Volumen/ha Fm m. R. (ausscheidender Bestand)	66,8	66,8	66,8	386,8	587,2
	durchschnittliches Volumen/Baum Fm o. R. (ausscheidender Bestand)	0,054183	0,115078	0,1983446	0,79294	-
	durchschnittliches Volumen/ha Fm o. R. (ausscheidender Bestand)	48,77	50,63	51,57	302,4	453,37

dargestellt. Darin wird ausgegangen von drei Durchforstungen während der Umtriebszeit, und zwar im Alter nach acht bis neun Jahren (1. Durchforstung), 12 bis 13 Jahren (2. Durchforstung), 16 bis 17 Jahren (3. Durchforstung). Die Zahl der entnommenen Stämme beträgt 900, 440 und 260 Stämme. Gegenüber mitteleuropäischen Verhältnissen unterscheiden sich die Durchforstungseingriffe auf Plantagen in zwei Punkten. Dies betrifft zum einen den deutlich niedrigeren Durchforstungsanteil von 33 % gegenüber ca. 50 % am Gesamtzuwachs und zum andern die jeweils gleiche Eingriffsstärke bei allen drei Durchforstungen. Die Durchforstung dient zur Standraumregulierung und zur Wertsteigerung des Endbestandes.

Die Endnutzung erfolgt nach 25 bis 28 Jahren nach Erreichen des Zieldurchmessers von 34 bis 45 cm. Dies entspricht 67 % des Gesamtzuwachses (oder der Entnahme von 400 Bäumen), die Endnutzung erfolgt im Kahlschlagverfahren.

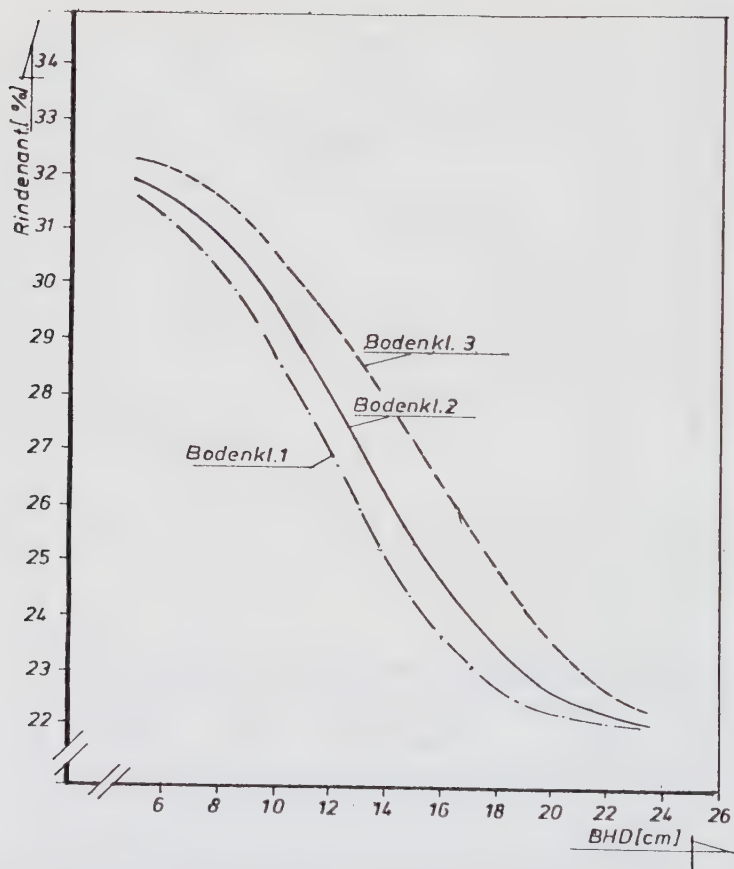
Sowohl bei den Durchforstungen als auch bei der Endnutzung wurde der Eingriffszeitpunkt, um die Zahl der Variablen zu senken, für alle Bodenklassen vereinfachenderweise auf denselben Zeitpunkt festgelegt (siehe Tabelle O3).

Die Zusammenstellung der technologischen Einzelmerkmale des waldbaulich ertragskundlichen Modells erscheint recht plausibel, wie im übrigen Vergleiche mit praktischen Ergebnissen der Fragebogenaktion beweisen. Die Herleitung der ertragskundlichen Richtwerte wurde vor allem durch die Modellkalkulationen der FUFEP und durch die Auswertung der Fragen möglich. BHD und Mittelhöhen ermöglichen die Bestimmung des Zuwachses in verschiedenen Altersstufen (siehe Darstellung O4) bei verschiedenen Bodenklassen. Danach läßt sich für die verschiedenen Ein-



Darstellung 04: Prognostizierte Zuwachsdifferenzen bei verschiedenen Bodenklassen (FUPEF, 1978)

griffszeitpunkte das durchschnittliche Erntevolumen/Baum in Rinde und nach dem Rindenabzug in Erntefestmeter ohne Rinde berechnen. Zum Rindenabzugsverfahren ist noch ein besonderer Hinweis notwendig. Die Angaben über mögliche Massenzuwächse in den tropischen und subtropischen Kiefernplantagen beziehen sich in aller Regel auf Festmeter Derbholz in Rinde. Wie Darstellung Nr. 05 zeigt, kommt dem Rindenabzugsverfahren zur Umrechnung in Festmeter Derbholz ohne Rinde eine besondere Bedeutung zu. Der Rindenanteil ist, stärker als bei mitteleuropäischen Verhältnissen,



Darstellung 05: Anteil der Rinde am Schopfvolumen bei Pinus elliottii (Plantage im Staat Santa Cat./Bras.).

Schwankungen in Abhängigkeit vom BHD unterworfen. So beträgt der Rindenanteil bei einem BHD von 10 cm 28 bis 30 % je nach Bodenklasse, bei 14 cm BHD 24 bis 27,3 % und bei 20 cm BHD noch 22 bis 23 %. Erst ab einem BHD von 22 bis 23 cm gleichen sich die Werte der einzelnen Bodenklassen gegenseitig an, so daß ab dieser Durchmessergränze mit einem einzigen Rindenprozent kalkuliert werden kann.

Aus den vorliegenden waldbaulich ertragskundlichen Grundlagen müssen für die Holzernteplanung eine große Reihe von Daten hergeleitet werden. Die benötigten Daten müssen so aufgearbeitet werden, daß Rückschlüsse in bezug auf die Wahl der technischen Alternativen der Holzernte möglich sind. Grundlagenwerte für die Planung und Organisation der Holzernte sind:

- der BHD ohne Rinde
- die Sortenlänge bis zum gewählten und tatsächlichen Zopfdurchmesser
- der durchschnittliche Zopfdurchmesser
- der durchschnittliche Mittendurchmesser und seine Streuung
- die Baumzahl
- die Baumzahl je ha

Aus diesen Werten lassen sich wiederum betriebswirtschaftliche Kennziffern ableiten wie:

- das Sortenspektrum
- das Sortenvolumen
- und der Sortenmarktwert

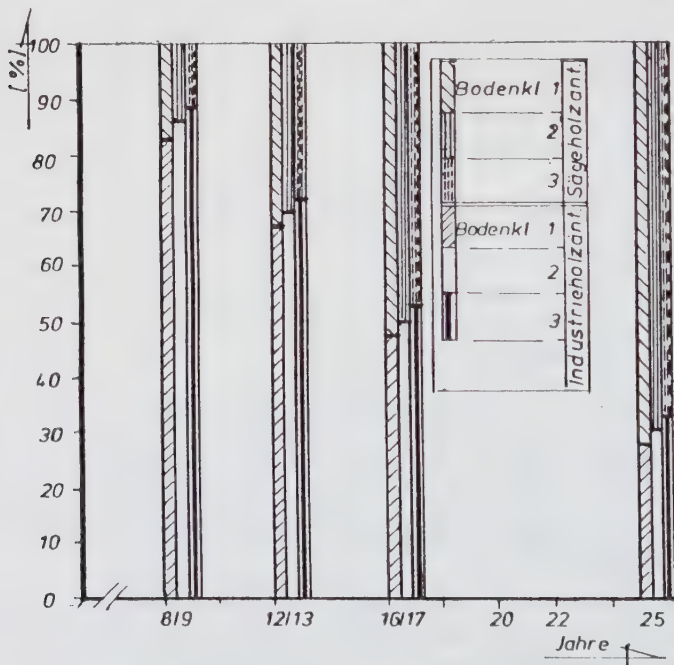
In Darstellung 06 wird am Beispiel der Baumart Pinus elliottii in Abhängigkeit von der Bodenklasse das Sortenverhältnis zwischen Säge- und Industrieholz für die einzelnen Eingriffszeitpunkte dargestellt.

Zur Vorbereitung des Arbeitsablaufes von Holzerntemaßnahmen können weitere Schlußfolgerungen in bezug auf:

- die notwendige Zeitvorgabe bei menschlicher Arbeit und bei Maschinenarbeit
- die Kosten dieser Arbeit
- die Bereitstellung der notwendigen Mittel

abgeleitet werden.

Die Herleitung dieser Werte kann aus Platzgründen im vorliegenden Text nicht einbezogen werden.



Darstellung 06: Prognostizierter Säge- und Industrieholzanteil bei *Pinus elliottii*, in Abhängigkeit von der Bodenklassenqualität

Für die Planer holzerntetechnischer Maßnahmen liegen hiermit die entscheidenden Zahlen vor. In Verbindung mit den oben dargestellten Restriktionen (Geländeverhältnis je Jahreszeit usw.) sind die Grundlagen der Entscheidung zugunsten einer oder mehrerer Verfahrensalternativen gegeben.

4.3 Systemspezifisch benötigte Flächengrößen der Plantagen

Im Hinblick auf die notwendige Ausrüstung an bestimmte Verfahrensalternativen kennzeichnenden Großmaschinen stellt sich die Frage, welche Plantagen-Flächengrößen als Voraussetzung der Anwendung des Systems vorhanden sein müssen. In Tabelle Nr. 03 sind entsprechende Hinweise auf die Art der Berechnung gegeben. Leitet man die Jahreskapazität eines Erntesystems zuverlässig her, ist es ohne weitere Einschränkungen möglich, die notwendige Einsatzfläche abzuschätzen. Bei Bodenklasse 1 ermöglichen bereits rund 650 ha die Nutzung von 50 000 Fm/Jahr, bei Bodenklasse 3 werden hingegen mehr als 1 000 ha benötigt um dieselbe Holzmenge jährlich aufzubringen.

4.4 Zusammenfassung

Es wird darauf hingewiesen, daß diese waldbaulich ertragskundlichen Modellüberlegungen und der Versuch, diese in für die Holzerntetechnik brauchbare Daten umzuwandeln, als vereinfachte gedankliche Hilfskonstruktion zur Lösung der Untersuchungsaufgabe gesehen werden muß. Hierbei war man sich der möglichen außergewöhnlichen Vielfalt der in Frage kommenden realen Situationen völlig im klaren. Letztendlich soll aber die Auswahl des gewählten Modells, das aufgrund seiner Zeitabhängigkeit auch als dynamisches oder Bewegungsmodell charakterisiert werden kann die Auswahl der optimalen Handlungsalternative, in unserem Fall des zweckmäßigen Erntesystems, ermöglichen. Grundsätzlich muß hier wohl angemerkt werden, daß die im Bereich der forstlichen Forschung erarbeiteten Wachstumsmodelle nahezu ausschließlich die biologische Produktion berücksichtigen. Dieser Mangel haftet auch der vorliegenden Kalkulation an. Jedoch bietet der Plantagenbetrieb am ehesten die Sicherheit der Übertragung in erntetechnische Merkmale.

5. Systemtheorie

5.1 Definition

Der Anteil der Holzerntearbeiten an den gesamten forstlichen Betriebsarbeiten, ausgedrückt in Arbeitsstunden oder Kostenwerten beträgt 40 bis über 80 %. Er zeigt, daß die Holzernte immer noch eine sehr arbeitsintensive Teilarbeit ist. Im Staatswald des Landes Baden-Württemberg schwanken die Werte (Forststatistische Jahrbücher Baden-Württemberg, 1977 - 79) um 55 %, wobei erhebliche Streuungen zu beobachten sind; z. B. das Forstamt Ehingen mit knapp 40% im Jahr 1979 (KISTENFEGER, mündliche Mitteilung).

In den größeren Privatwäldern der Bundesrepublik finden wir Anteile zwischen 60 und 70 %. Als Beispiel hierfür kann die Fürstlich Fürstenbergische Privatforstverwaltung mit 66 % im Jahr 1978 gelten (KWASNITSCHKA, mündliche Mitteilung). In bäuerlichen Privatwäldern überwiegt die Holzernte stärker. Nach LÖBELL (1979), liegen die Werte bei 80 bis 85 %. Die bäuerlichen Waldbesitzer wählen oft einfache Betriebstypen, Reinbestände und sie verwenden offensichtlich weniger Zeit auf Pflegearbeiten und sonstige, den größeren Forstbetrieb belastenden Teilarbeiten. Vorrangig ist das Ziel, durch die Holzernte, vermarktungsfähiges Holz zu erzeugen. Der hohe Anteil im Kleinprivatwald ist im übrigen vermutlich auch darauf zurückzuführen, daß die technische Arbeitsproduktivität, verglichen mit den höher mechanisierten größeren Betrieben, verhältnismäßig niedrig liegt. Dies erhöht natürlich den Anteil des Faktors Arbeit.

Entsprechend dem Gewicht dieser forstlichen Arbeit, aber auch der außerordentlich weiten Streuung der Restriktionen, der Besitzgrößen, der natürlichen Standorte und der darauf stockenden

Baumarten, deren unterschiedliche Qualität und Dimension, sowie dem jeweiligen technischen Niveau der Gesellschaft und vielen anderen Faktoren mehr, wurden nicht nur weltweit, sondern oft auf kleinstem Raum außerordentlich verschiedene Techniken der Holzernte entwickelt. Weltweit gesehen werden vorrangig Holz-erntetechnologien durch die Holzkäufer entwickelt. Die Bundesrepublik, Österreich und die Schweiz bilden hier weitgehend eine Ausnahme. Hier fällen und transportieren die Forstbetriebe selbst die Bäume und bieten die Sortimente in der Regel am Rand der Waldstraße zum Verkauf an.

Der Versuch, die vorgefundene sehr große Zahl unterschiedlicher Lösungen zu katalogisieren, bereitet außerordentliche Schwierigkeiten. Hier hilft letztendlich nur ein Denken in Systemen weiter. Charakteristisch für Systeme ist, daß diese aus Bausteinen, den sogenannten Elementen bestehen, und daß innerhalb des Systems zwischen diesen Elementen Interdependenzen unterschiedlicher Intensität vorhanden sind. Diese können sowohl quantitativ als auch qualitativ beschrieben werden.

In diesem Sinne handelt es sich bei den Alternativen der Holz-erntesysteme, die WARKOTSCH (1975), als soziomechanische Verfahren bezeichnet. Er bringt damit zum Ausdruck, daß in Holz-erntesystemen der Mensch und beliebige technische Lösungen als Elemente in unterschiedlichsten Formen zusammengefügt sind.

Neue Holzerntesysteme haben einen eigenständigen, absoluten Charakter. Um eine Systemwahl zu ermöglichen, werden die bereits geübten Formen der Holzernte integriert, sowie die in anderen Betrieben entwickelten Systeme übernommen oder aber neue entwickelt. Dies geschieht in der Form, daß meistens bekannte Elemente zu neuen Verfahren zusammengesetzt werden oder aber in einem System bekannter Elemente einzelne neue entwickelt und eingefügt werden. Die Entdeckung wirklich neuer Systeme ist meist sehr selten.

So, wie sich Systeme also aus Einzelkomponenten zusammensetzen, können sie auch Bestandteile größerer Dominanzsysteme, in Form von Untersystemen mit gegenseitigen Interdependenzen, darstellen. Beziehungen zur Umwelt (Umsystem) besitzt sowohl das Gesamtsystem als auch die Untersysteme, sowie auch die einzelnen Elemente. Das Wort System bedeutet demnach Planung, Methoden und Ordnungen. CONVEY (1976) formuliert drei primäre Bedingungen:

- 1) alle Komponenten eines Systems müssen ein gemeinschaftliches Ziel erreichen.
- 2) Es muß im System eine Hierarchie der Elemente vorhanden sein.
- 3) Der Input in ein System wie Energie, Information, Material, Arbeit usw. soll in Übereinstimmung mit der Gesamtplanung erfolgen.

Gelingt es nicht, diese Bedingungen zu erfüllen, und dies bezieht sich auf die Holzerntesysteme, wird die Sammlung voneinander unabhängiger Teile keinen Erfolg bringen.

5.2 Definition von Holzerntesystemen

Die Struktur der Holzerntesysteme bzw. Holzernteverfahren läßt sich durch mehrere Merkmale kennzeichnen. An erster Stelle muß die Art der Eigenschaftsänderung des Objekts genannt werden. Durch das Fällen wird der Baum vom Stock getrennt. Eigenschaftsänderungen finden statt durch das Entasten, das Entrinden, das Einschneiden in bestimmte Sorten, aber auch z. B. durch Schutzvorkehrungen gegen Pilz- oder Insektenbefall. Diese Arbeiten der Eigenschaftsänderung des Produkts sind offensichtlich sehr unterschiedlicher Natur.

Eine weitere Charakterisierung der Systeme ermöglicht die Ermittlung der Reihenfolge dieser Eigenschaftsänderungen, die unterschiedlich sein kann. Damit hängt auch die Frage nach dem Ort dieser Änderungen der äußeren und evtl. inneren Merkmale des Holzes zusammen.

Qualitativ kennzeichnend wirken Merkmale wie der Mechanisierungsgrad der einzelnen Elemente, die Intensität der gegenseitigen Kopplung, z. B. die Frage, ob eine Entkopplung möglich ist oder nicht. Weiterhin von Bedeutung ist die Frage ob mit mobilen oder stationären Anlagen und Maschinen gearbeitet wird.

Selbstverständlich versuchte man, für die interfachliche Kommunikation, wie zu Ausbildungs- und Fortbildungszwecken, zu Vergleichen bezüglich der Leistung, des Mechanisierungsgrades, der Kosten usw. schon frühzeitig die Verfahren zu ordnen, d. h. zu systematisieren.

Bei den anfänglichen Bezeichnungen: Einmannarbeit, Zweimannarbeit, Brigadearbeit, mit denen man in den man in den dreißiger und vierziger Jahren sogenannte Arbeitsbestverfahren zu kenn-

zeichnen versuchte, weist man dem Faktor Arbeit als wesentliches Element der Systeme besondere Bedeutung zu. In den fünfziger Jahren wurden Definitionen wie Motorsägenarbeit, Tragknickschleppersysteme usw. gewählt. Hier räumte man einer maßgebenden Maschine im Verfahren Vorrang ein.

Bereits Anfang des gleichen Jahrzehnts führte das JOINT COMMITTEE FAO ECE ILO Genf (1964) auf der Basis englisch-amerikanischer und skandinavischer Versuche eine dreigliedrige Systematik der Holzernteverfahren mit folgenden Bezeichnungen ein:

- 1) Short-Wood Systems, d. h. Erntetechniken, bei denen das Langholz im Bestand am Fällort in kleinere Teile zerlegt wird, und diese die Rücketechnik bestimmen.
- 2) Tree-Length Systems; hier wird das Holz am Fällort entastet, die Krone gekappt, aber ansonsten lang belassen, in dieser Form auch zu den Waldstraßen transportiert und in der Regel auch abgefahren.
- 3) Full-Tree Systems: ganze Bäume, zwar ohne Wurzeln aber einschließlich der Krone, werden zur Waldstraße gebracht und dort meist hochmechanisiert aufgearbeitet.

Ergänzend hierzu wurden von STEINLIN, vor allem GRAMMEL, aber auch TIMINGER, MAKOTSCH u. a. immer wieder Versuche vorgenommen. Das FAO/ECE ILO-System, das zu sehr auf das Rücken abgestellt ist zu verfeinern. Charakteristisch hierfür ist ein Vorschlag von TIMINGER (1974), der vier Systeme nennt:

- 1) Fällung und Aufarbeitung manuell
- 2) Fällung und/oder Aufarbeitung mit mobilen Maschinen
- 3) Aufarbeitung halbstationär, zeitweilig Aufarbeitungsplätze im Wald
- 4) Aufarbeitung stationär auf ständigen Aufarbeitungsplätzen d. h. sogenannten Holzhöfen.

GRAMMEL (1972) schlägt eine Dreiteilung vor, die sich heute überall durchgesetzt hat, und zwar die Aufarbeitung des Holzes am Stock, an der Waldstraße, oder aber auf stationären Anlagen. Er ergänzt dieses Dreiermodell durch die Angabe des jeweiligen Mechanisierungsgrades des Systems.

5.3 Auswahl der Verfahrensalternativen (Vorgehensweise im vorliegenden Fall)

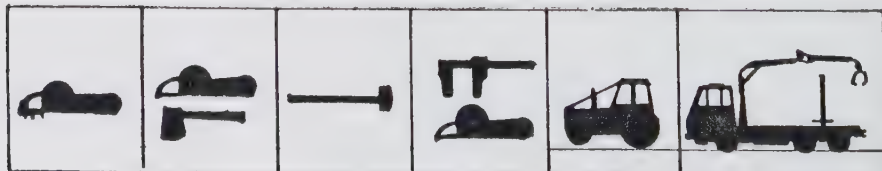
5.3.1 Auswahlkriterien

Im Hinblick auf die Fragestellung, nämlich die kritische Beurteilung der Qualität unterschiedlicher Holzernteverfahren in bezug auf die Holzernte in Kiefernplantagen der Tropen und Subtropen, wurden unter Berücksichtigung der oben genannten wesentlichen Voraussetzungen, nämlich daß einerseits Arbeitskräfte billig zur Verfügung stehen, andererseits aber die Art des waldbaulichen Modells hohe Mechanisierungsstufen erlauben, die im folgenden beschriebenen "Modell"-Verfahren gewählt. Bei jedem Modell werden zwei Varianten unterschieden. Die zur Untersuchung herangezogenen Erntemodelle sind in den Ursprungsländern Mittel- und Nordeuropa weit verbreitet und stellen regionale Standortarbeitsverfahren dar.

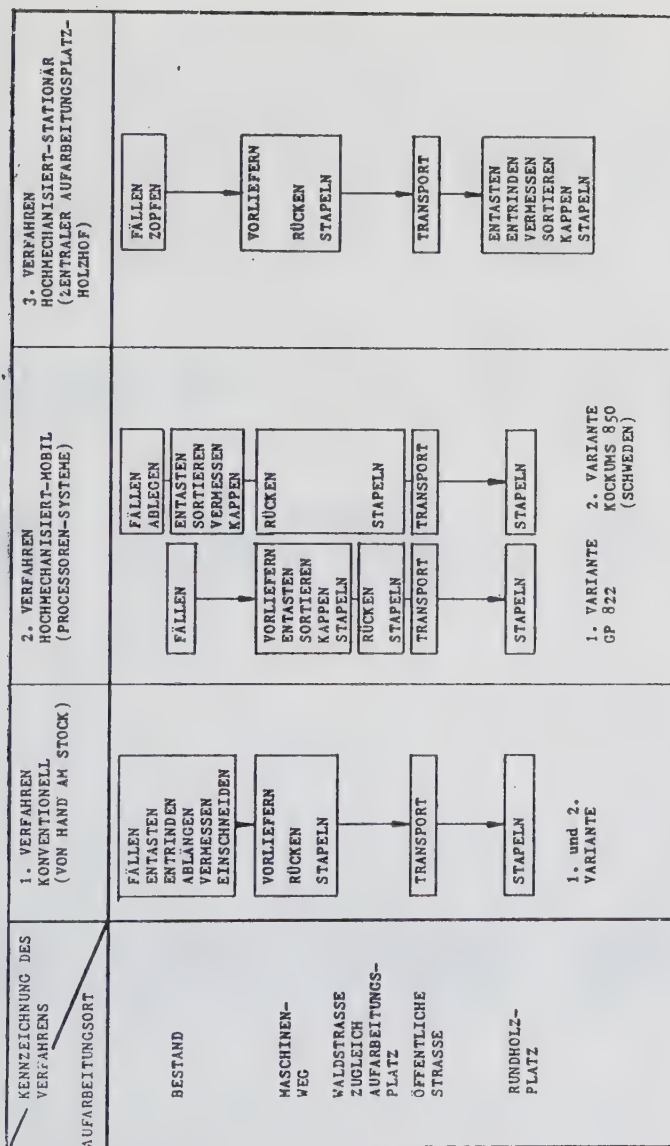
In Darstellg. 07 werden die wesentlichen Arbeitsablaufabschnitte, gegliedert nach dem Ort der Tätigkeit, dargestellt.

Modell 1: Konventionelles oder traditionelles Arbeitsverfahren.

Das Holz wird zwar mit der Motorsäge gefällt, aber noch von Hand entastet und entrindet. Es wird an Ort und Stelle, also am Fällort in eine unterschiedlich große Zahl von Sorten eingeteilt. Das Rücken erfolgt sortenweise, die Sorten werden an der Waldstraße, z. T. auf mehr oder weniger ausgebauten Lagerplätzen zum Verkauf bereitgestellt.

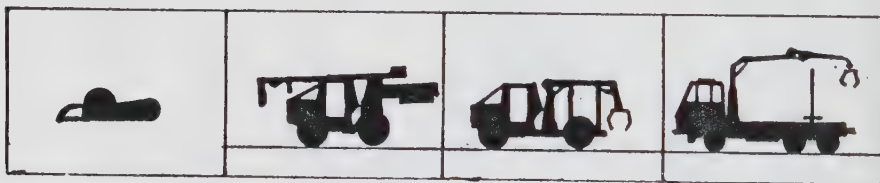


Darstellung 07: Vergleich der Arbeitsablaufabschnitte der untersuchten Holzernteverfahren

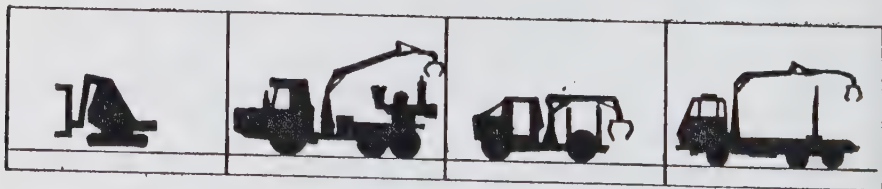


Modell 2: Processorverfahren: hochmechanisiert mit mobilen, Erntemaschinen entweder auf Fahrtrassen auf der Kahlfläche, oder aber auf den Waldstraßen. Das immer noch mit der Motorsäge gefällte Holz wird maschinell entastet, zum Teil entrindet, in eine begrenzte Anzahl von Sorten gekappt und gestapelt. Das Rücken erfolgt sortimentsweise mit sogenannten Rückezügen, d. h. sehr leistungsfähigen, mit Tragkörpern versehenen Radschleppern.

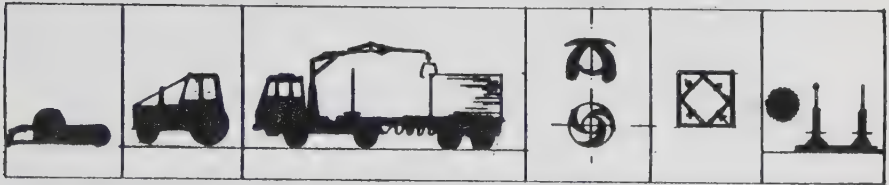
Variante A



Variante B



Modell 3: Holzhofverfahren; möglichst viele Teilarbeitsgänge werden auf zentralen, festinstallierten Anlagen durchgeführt. Im modernsten Fall werden ganze Bäume antransportiert, zentral entastet, entrindet, vermessen, sortiert und gestapelt. Die Abfälle werden ebenso einer Verwendung zugeführt.



Eine detaillierte Wertung erfolgt unter Ziffer 6.

5.3.2 Datenbeschaffung

Eine detaillierte Erfassung auf dem Weg über Arbeitsstudien (Zeitstudien) aller Elemente der drei verschiedenen Erntesysteme mit den jeweiligen Untervarianten hätte den zeitlichen Rahmen dieser Arbeit gesprengt. Auch erschien es nicht zweckmäßig, diejenigen Teilarbeiten erneut zu erfassen, die bereits seit längerer Zeit in der Praxis eingeführt sind. Hierfür liegen eine Vielzahl von verlässlichen Aussagen vor. Während diese also nur einer analysierenden Auswertung bedurften, war es notwendig, eine Reihe neuer Elemente in Feldversuchen zu untersuchen.

Im einzelnen bezog sich diese Erarbeitung neuer Ergebnisse auf folgende Systemteile:

- Modell 1 (Sortenverfahren, konventionell) Element Schwachholz; Rücken im Bodenschleifzug.
- Modell 2 (Processorlösung, hochmechanisiert) Element Fällvorgang mit Fällbündelmaschine, Element Aufarbeiten (Entasten, Kappen und Sortieren) mit Processor; Element Rücken mit Forwarder. Dabei wurde vorrangig die Variante Durchforstung mit Processor und Endnutzung (Kahlschlag) untersucht.
- Modell 3 (Zentrale Aufarbeitung ganzer Bäume, Holzhoftsystem) Element Rücken ganzer Bäume vom Stock zur Waldstraße; Element Straßentransport des Holzes mit neuentwickelten Aufbauten für Vollbäume auf Lastkraftwagen; Element zentrale Holzaufarbeitung mit den Teilarbeiten: Entasten, Entrinden, Vermessen, Sortenbildung und Stapeln, sowie die Beseitigung der Äste, Rinden und Nadeln. Hier wurde die Variante Ganzbaumnutzung detailliert untersucht.

Die Durchführung dieser Arbeitsstudien wurde von folgenden Forstbetrieben und Unternehmungen unterstützt: Staatl. Forstamt Wildbad (Forstdir. H. WEISS), Fürstl. Fürstenbergische Forstverwaltung und Holzhöfe (Forstdir. Dr. KWASNITSCHKA), Fürstl. Schwarzenbergische Forstverwaltung Murau/Steiermark (Forstdir. Dr. MAIER), Holzof Oberschwaben, Schussenried (Oberforstrat WÖLFLE), Svenska Zellulosa Aktiengesellschaft, Sundsval/Schweden (Forstdir. Dr. habil. HAGNER).

Bei dieser Gelegenheit soll den beteiligten Firmen und Forstbetrieben mein ganz besonderer Dank ausgesprochen werden.

5.3.3 Systemkriterien

Aus der Vielzahl der Kennziffern zur Charakterisierung der in Frage kommenden politischen, betriebswirtschaftlichen, arbeitswirtschaftlichen, technischen und anderer Kriterien sollen diejenigen gewählt werden, die eine eindeutige Differenzierung ermöglichen und vor allem im Planungsstadium ein besonderes Gewicht besitzen:

- technische Arbeitsproduktivität
- direkte Kosten
- notwendige Sachinvestitionen
- Verhältnis von Arbeits- zu Kapitalkosten
- Nutzwertüberlegungen

dazu ergänzend:

- Mechanisierungsgrad
- Verbrauch
- Leistung etc.

Anhand der Herleitung und der vergleichenden Betrachtung der technischen Arbeitsproduktivität, die die unterschiedlichen Holzerntesysteme kennzeichnet, sollen vor allem Schlußfolgerungen auf die notwendige Arbeitsintensität gezogen, und damit Verbindungen zum regionalen Arbeitsmarkt, mit der zur Verfügung stehenden Arbeitskapazität und der notwendigen Qualifikation der Arbeitskräfte hergestellt werden. Prognosen der technischen Arbeitsproduktivität sind im übrigen eine wesentliche Grundlage einer zuverlässigen Arbeits- bzw. Personalplanung.

$$P_A = \frac{E_{(Fm)}}{\text{Summe Arbeit}}$$

P_A = Techn. Arbeitsproduktivität

E = Produktergebnis (Fm)

Quelle: SPEIDEL, 1961

Der Vergleich der direkten Kosten (einschließlich Lohnnebenkosten) soll Auskunft darüber geben, welchem der Systeme im Einzelfall Vorrang eingeräumt werden würde. Um die Kosten herleiten zu können, muß allerdings zunächst die systemspezifische Belastung durch Sachinvestitionen ermittelt werden; wobei dieses Kriterium allerdings nicht nur der Herleitung der Kosten dienen soll, sondern auch Vorstellung darüber vermitteln wird, in welchem Ausmaß bei der Wahl eines bestimmten Systems Kapital beschafft werden muß. Diesem Aspekt muß in einer sich entwickelnden Wirtschaft, die durch Kapitalmangel gekennzeichnet ist, besonderes Gewicht beigemessen werden.

Das Verhältnis von Arbeit zu Kapitalkosten kann ebenfalls als Grundlage für eine längerfristige Bewertung konkurrierender Systeme dienen. Generell konnte beobachtet werden (GRAMMEL, 1978), daß Maschinen- und Anlagenkosten weniger schnell wachsen als Personalkosten. Anhand entsprechender Prognosen kann meist abgeschätzt werden, zu welchem Zeitpunkt das höher mechanisierte Verfahren, das handarbeitsintensivere ablösen wird.

$$U_{SM} = \frac{E_{KWh}}{E_P}$$

U_{SM} = Mechanisierungsgrad

E_{KWh} = Gesamtsumme der Maschinenschichten (in KWh) bezogen auf das gegebene Produktionsvolumen

E_P = Gesamtzahl der Arbeitsschichten auf dem gegebenen Produktionsvolumen

Quelle: JINDRA, 1978

Der Nutzwert als Kriterium soll über das reine Kosten- und Erlösdenken hinausführen; d. h. zahlenmäßig festlegbare Relationen sollen durch Bewertungskriterien ergänzt werden, deren Einschätzung mangels entsprechend zahlenmäßiger Unterlagen subjektiv erfolgt. Hierzu gehören Kriteriengruppen wie biologisch-ökologische Auswirkungen (Schutzfunktion), Rückwirkungen auf den Waldbau, Eigenschaften der Systeme, die Erholungs- und Freizeitfunktion des Waldes betreffen, aber auch Bewertungen hinsichtlich der Belastung durch Gemeinkosten. In diese Nutzwertüberlegungen müssen weiter die Arbeitsmarktverhältnisse miteinbezogen werden.

6. Quantifizierung der Holzernte-Modelle

Die in der geplanten Versuchsmethodik festgelegte Vorgehensweise konnte eingehalten werden. Im Hinblick auf die Fragestellung der optimalen Erntetechnik in Kiefernplantagen der Tropen und Subtropen wird die Quantifizierung und Qualifizierung der möglichen Aufarbeitungsvarianten auf drei charakteristische Systeme konzentriert:

- konventionelles (traditionelles) Sortenverfahren
 - mobiles Processorverfahren
 - Holzhofverfahren regulär
- wobei auch Daten für einzelne Untervarianten erhoben werden konnten.

Wie vorgesehen, wurden nur solche Bausteine (Elemente) der vorgenannten Systeme mit Hilfe von Arbeitsstudien im Rahmen der vorliegenden Arbeit detailliert erfaßt, für die weder in der Literatur noch durch Angaben der Praxis zahlenmäßige Angaben ermittelt werden konnten oder aber über deren wirtschaftliche, ergonomische oder ökologische Eigenschaften sich weit streuende bzw. widersprechende Aussagen fanden.

Deutlich wird dieses Vorgehen am System Konventionelles Sortenverfahren. Hier stehen für alle Bausteine des Systems aus zahlreichen Publikationen, vor allem aber aus der Praxis zuverlässige Zahlenangaben zur Verfügung. Die Arbeitsstudien konzentrierten sich deshalb auf einzelne Phasen des zweiten und des dritten Modells. Diese Elemente werden im Rahmen der Quantifizierung der Systeme auf der Basis eigener Versuche und Untersuchungen ausgiebiger diskutiert.

Auf die Methodik von Arbeitsversuchen, also deren Planung, Anlage und Durchführung soll hier nicht näher eingegangen werden. Es handelte sich vorwiegend um Zeitstudien mit der Zielsetzung der Ermittlung der Leistung in Abhängigkeit vom Arbeitsobjekt, also den Holzdimensionen und -qualitäten, in Abhängigkeit von der persönlichen Leistungsstreuung der beteiligten Mitarbeiter, vor allem aber auch im Zusammenhang mit den am jeweiligen Arbeitsplatz vorzufindenden Arbeitsbedingungen, wobei hier besonderer Wert auf solche realtypischen Beispiele gelegt wurde, die auch in Europa zumindest im Ansatz, plantagenartigen Charakter aufweisen.

Auf die Problematik forstlicher Arbeitsstudien wird hingewiesen. Die weite Streuung der menschlichen Arbeitsleistung, die Abhängigkeit der Leistung der Maschinen von äußeren Arbeitsbedingungen wie Gelände, Wetter usw. führen in der Regel zu einer beträchtlichen Streuung der Versuchsergebnisse. Um dennoch zu gesicherten Aussagen zu gelangen, wurden breit angelegte Versuche erforderlich, in Einzelfällen aber auch, wo dies nicht möglich war, die Begrenzung der Aussage auf einen bestimmten Streurahmen.

6.1 Konventionelles Sortenverfahren

6.1.1 Kennzeichnung des Sortenverfahrens

Das konventionelle Sortenverfahren ist dadurch charakterisiert, daß praktisch sämtliche Teilarbeiten der Holzernte, die auch eine Veränderung der äußeren Eigenschaften des Holzes zur Folge haben, im Bestand durchgeführt werden. Nach dem Fällvorgang betrifft dies das Entasten, Entrinden, das Vermessen und Einschnelden des Holzes. Eine unterschiedliche Zahl von Sorten (z. B. Furnierholz, Sägeholz, Sortimente für die Papier-, Zellstoff- oder Plattenindustrie aber auch Brennholz) wird an Ort und Stelle, d. h. am Fällort fertig ausgeformt. Dabei gelangten früher Handsägen, heute Motorsägen für Fällung, Entastung und Sortentrennschnitt, Schäleisen für die Entrindung, Binderinge und Wendehaken zum Drehen der Stämme, Kluppmesstöcke, Zirkel, Maßbänder usw. zum Vermessen des Holzes zur Anwendung. Mit Numerierschlegeln werden die Stammteile numeriert, mit Reißer oder Kreide die Dimensionsklasse und Qualität angeschrieben.

Ebenso charakteristisch ist, daß die einzelnen Sorten getrennt vom Fällort zur Waldstraße transportiert (gerückt) und dort auch sortimentsweise verschiedenen Käufergruppen angeboten werden. Das System weist eine hohe Handarbeitsintensivität auf.

Für die Ausformung des Stammholzes sind beim Sortenverfahren unterschiedliche Formen typisch, und zwar die abschnittsweise Aushaltung als sogenanntes Blockholz meist in Längen von 4, 4,5 oder 5 m; oder aber die Langholzaushaltung nach der sogenannten Heilbronner Sortierung. Hier schwanken die Längen je

nach Länge/Durchmesser-Relation (Abholzigkeit) zwischen 10 und 18 m, wobei jeweils bis zu mehreren Metern "Draufholz" zusätzlich am Stamm bleiben kann. Für das Sortenverfahren wurden in den vergangenen Jahrzehnten eine Reihe von Verfahrenstarifen entwickelt, d. h. Vorgabezeitsysteme, die in der Regel für jede einzelne Sorte eine bestimmte Zeitvorgabe enthalten. Mit Hilfe von Zuschlägen werden Arbeitsschwierigkeiten am Arbeitsort wie Hanglage, Blocküberlagerung, Veränderungen durch Schnee usw. berücksichtigt. Diese Tarife gelten in der Bundesrepublik zunächst für die Staatsforsten, sie wurden teilweise von den Gemeinden und einzelnen Privatforstverwaltungen übernommen. Gleichzeitig bestehen aber parallel einzelne Reviertarife bzw. verfahrensbezogene Stücklohnsysteme. Als typische Tarife können genannt werden der EHT für die nördliche Hälfte der Bundesrepublik, der Sortentarif für Südwestdeutschland sowie der erst in jüngster Zeit erprobte und 1981 endgültig einzuführende EST 1980 (erweiterter Sortentarif). Letzterer liegt den nachfolgenden Kalkulationen im Bereich des Holzeinschlags und der Sortenbildung zugrunde.

Dieses jüngste Tarifsysteem weist Tabellenzeiten für das Stammholz als Hauptsortiment nach den Verkaufssorten und Stärkenklassen in Anhalt an die gültige Holzhandelsklassensortierung (HKS) aus. Bei der Entlohnung kann also auf diejenigen Maße zurückgegriffen werden, die für den Holzverkauf zwangsläufig mit hoher Genauigkeit ermittelt werden müssen. (vgl. ausführlich bei FRÖHLICH, 1978).

Auf die generelle Problematik überregional gültiger Tarifsysteeme (sogenannte Einheitstarife) kann in diesem Zusammenhang hingewiesen werden (vgl. z. B. HÄBERLE, 1975, DUMMEL und HRADETZKY, 1979).

6.1.2 Geschichte des Sortenverfahrens

Die Entwicklung des Sortenverfahrens kann historisch dadurch begründet werden, daß für den Transport im Bestand der Waldstraße, auf Fernstraßen, Eisenbahnen oder Flüssen erst spät spezialisierte Transporttechniken entwickelt wurden. Im Mittelalter und bis in die Neuzeit hinein wurde im Nahbereich das gleiche von Tieren gezogene Fahrzeug oder Tragtier zum Transport der Last sowohl auf der Bestandesfläche wie auch auf der Straße zum Dorf oder zur Stadt benutzt.

Eine besondere Bedeutung spielte dabei das benutzte Transportgewicht, sowohl beim Schleifen wie auch beim Tragen und Fahren durch Mensch oder Tier. Man suchte deshalb möglichst frühzeitig, also bereits am Fällort den Stamm in Sorten zu zerlegen und diejenigen Baumteile zu entfernen, die nicht benötigt wurden (wie Krone, Äste und Rinde), wodurch gleichzeitig der Trockenvorgang beschleunigt wurde. Auch dies führte zu einer Konzentration der Teilarbeiten der Holzernte am Fällort.

Durch von Thünen wurde die Abhängigkeit der Bearbeitungintensität von der Transportentfernung zum Verbraucher in diesem Zusammenhang eingehend untersucht. Das Ergebnis seiner Überlegungen, das Prinzip der Thünen'schen Kreise wurde von MANTEL (1937) und SPEIDEL (1967) auf die Forstwirtschaft übertragen. Die einzelnen Verbrauchergruppen gingen davon aus, ihr Holzsortiment an Ort und Stelle im Wald vorzufinden und dieses mit möglichst einfachen Transporttechniken abzutransportieren.



Darstellung 08: Holzhauerei im 18. Jahrhundert

Quelle: Du Hamel Du MONCEAU, 1766

Die jüngste Entwicklung ist durch eine gegenläufige Tendenz gekennzeichnet. Rohstoff- und Energiemangel führen zu dem Bestreben, auch die früher nicht benutzten Baumteile wie Rinde, Äste und Nadeln, einer Verwertung zuzuführen. Dabei machen neue Transporttechniken unabhängiger vom Transportgewicht. Diese Entwicklung kennzeichnet vor allem das Modell 3 (Holz-hofsystem).

6.1.3 Struktur und Organisation des Arbeitsablaufes beim Sortenverfahren-----

1. Holzdimensionen

Entsprechend der in Abschnitt 4.2 hergeleiteten waldbaulichen Randbedingungen (Wuchsmodellvorstellungen) gehen für die Holzdimension der Brusthöhendurchmesser in einem Bereich zwischen 10 und 40 cm in die Kalkulation ein, wobei jeweils der Realität entsprechend von einer (links-)schiefen Häufigkeitsverteilung der Durchmesser des ausscheidenden Bestandes ausgegangen wird.

2. Arbeitskräfte, Maschinen und Werkzeuge

Die Kalkulation geht aus von einer Arbeitsweise in der 2-Mann-Rotte mit folgender Ausrüstung:

- 2 Motorsägen, 2 Äxte
- 2 Keile, 2 Kluppmeßstöcke
- 1 leichtes Wendegerät, ggf. 2 Schäleisen
- 2 Vorlieferwerkzeuge, Kreide oder Reißer

Trotz einer bekanntlich höheren Produktivitätserwartung im reinen 1-Mann-Verfahren wird vor allem aus Sicherheitsgründen in einer 2-Mann-Gruppe gearbeitet, wobei allerdings jede Arbeitskraft (bei Starkholz mit Ausnahme des Fällvorgangs) getrennt vorgeht (sogenanntes "gelöstes" 2-Mann-Verfahren). Die Unfallverhütungsvorschriften werden voll berücksichtigt.

3. Arbeitsablauf

Folgende Arbeitsschritte werden jeweils von einem Arbeiter durchgeführt (vgl. EST 1980):

- Stammfuß freimachen, Fällen und ggf. Gesundheitschneiden bei nicht verwertbaren Stücken
- Oberseitiges Entasten mit der 1-Mann-Motorsäge und Zopfen des Schaftes
- Ggf. Entrinden mit Schäleisen
- Wenden des Stammes
- Entasten der nun obenliegenden Stammunterseite
- Ggf. Entrinden der Stammunterseite
- Vermessen des Holzes mit Kluppe und Meßstock bzw. Maßband oder Zirkel
- Führen der Sortentrennschnitte, wobei diese Teilarbeit bei (der in dieser Untersuchung nicht berücksichtigten) Arbeit an Steilhängen meist erst nach dem Rückevorgang erfolgt.
- Vorliefern und Aufsetzen des Schichtholzes.

An die Ausführung der Holzerntearbeiten werden definierte Qualitätsanforderungen gestellt, z. B. hinsichtlich Schlagordnung, glatte Entastung (bei Nadelholz, das in Rinde aufgearbeitet wird, genügt allerdings ein rindenebenes Abtrennen der Äste).

Bei Durchforstungen und in Naturverjüngungsbeständen ist der verbleibende Bestand in jedem Fall zu schonen. Das Einhalten dieser Bedingungen ist in den Vorgabezeiten und damit auch in der nachfolgenden Kalkulation der Zeitbedarfswerte und der Kosten enthalten.

6.1.4. Zeitbedarfswerte, Leistung und Kosten beim System konventioneller Holzaufarbeitung (Sortenverfahren)

6.1.4.1 Hauen

Als Basis für die der Kalkulation vorhergehenden Sortenbildung wurden die Bestandesortentafeln für Kiefer der Hilfstabellen für die Forsteinrichtung (Teil 2) der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (1966) herangezogen. Die Vorgabezeitstabellen des verwendeten Tarifes (EST 1980) enthalten in Abhängigkeit von den jeweiligen Bezugsmaßen (Holzdimension, Holzsorten), Arbeiterzeiten sowie Motorsägezeiten, jeweils bezogen auf die Maßeinheit des entsprechenden Marktsortiments. Aufgeführt sind weiterhin Arbeiterzeiten für das Vorrücken von Schichtholz, bezogen auf abgestufte Vorlieferentfernungen.

Die tabellenmäßigen Vorgabezeiten stellen lediglich Basiszeiten unter Normalbedingungen dar. Um die die Arbeit beeinflussenden standorts-, bestandes- und baumbezogenen Hiebsmerkmale

berücksichtigen zu können, kommen Zuschläge bzw. Abzüge zur Anwendung. Beim unterstellten Modell, nämlich einer Kiefernplantage, auf einfachem Standort stockend, kommt ihnen (im Gegensatz z. B. zur Forstwirtschaft in Gebirgslagen) eine verhältnismäßig geringe Bedeutung zu. Im einzelnen liegen der hier vorgenommenen Kalkulation folgende Hiebsmerkmale zugrunde:

Hangneigung:

Bei 50 % der Holzmenge Stufe 1, d. h. bis 15 % Hangneigung, bei 50 % der Holzmenge Stufe 2 bis 3, d. h. 15 bis 25 %.

Dies entspricht einem Zuschlag in Höhe von 1 bis 6 %.

Geländebewuchs:

Hier wird keine oder eine nur geringere Behinderung angenommen, so daß keine Zuschläge einkalkuliert werden müssen.

Baumbezogene Hiebsmerkmale:

Bei der Formigkeit wird eine mittelschäftige Formigkeit unterstellt. Hier entsteht kein Zuschlag. Bei der Länge der grünen Krone wird von Stufe 2 ausgegangen, dies entspricht einem Anteil von 25 bis 50 % an der Gesamtschaftlänge. Dies führt zu einem 3 %igen Zuschlag bei der Vorgabezeit des Arbeiters und einem 7 %igen bei der Motorsägezeit.

Ebenso wird die Länge des Dürrastbereiches nach Stufe 2 gewählt, wobei wiederum der Zuschlag für die Arbeit 3 % und für die Motorsäge 6 % beträgt. Dies ergibt Gesamtzuschläge für die Arbeitervorgabezeit in Höhe von 6 % und für die Motorsäge von 13 %. Hier wird erneut darauf aufmerksam gemacht, daß es sich bei den dem Modell unterstellten Plantagebetrieben um einfachste Verhältnisse, um uniforme Reinbestände handelt.

Bei der Herleitung der tatsächlichen Leistung bzw. der technischen Arbeitsproduktivität aus Vorgabezeiten ist zu beachten, daß die Arbeitskräfte zur Erledigung der Arbeit im üblichen Stücklohn (Akkord) zumeist weniger Arbeitszeit benötigen, als die Vorgabezeit vorsieht. Dies führt naturgemäß zu einem entsprechenden, die Stücklohnbasis überschreitenden Mehrverdienst. Diese Mehrleistung wird als Zeitgrad bezeichnet. Es bietet sich an, als Grundlage hierfür die Ergebnisse der Zwischenauswertung der EST-Erprobung im Forstwirtschaftsjahr 1980 zu benutzen (DUMMEL, 1980, siehe SÄMANN Nr. 11, Nov. 1980, 32. Jahrgang, Kassel). Bei insgesamt 1274 bei der Baumart Kiefer ausgewerteten Hieben belief sich dieser Zeitgrad auf 151 %, bezogen auf die Vorgabezeit. Das Ergebnis kann mathematisch statistisch als abgesichert gelten.

Bezüglich der Kosten wurde der für das Jahr 1980 zwischen den Tarifvertragsparteien beschlossene Geldsatz in Höhe von 17,04 Pf/Arbeiterminute, Werkzeuggeld von 0,22 Pf/min und Motorsägenentschädigung von 10,50 Pf/min unterstellt.

Als Lohnnebenkosten wurden 110 % angenommen; dies ist ein Wert, der dem Durchschnitt der in den Staatsforsten entstehenden Lohnnebenkostenanteilen entspricht. Es wird aber darauf hingewiesen, daß insbesondere in den Privatforstbetrieben dieser niedriger liegt, dort werden Lohnnebenkostensätze zwischen 65 und 80 % festgestellt.

Tabelle 04 enthält für das konventionelle Sortenverfahren die prozentuale Aufschlüsselung der Teilarbeiten und zwar in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesserbereich.

Tabelle O4: Arbeitszeitstruktur (Durchschnittswerte für Kiefer)
- Sortenverfahren -

Baumdimension BHD-Bereich cm	Anteil						insges. reine Arbeitszeit (RAZ) %
	Gesamt- Fällvorgang %	Entasten (Axt und Motorsäge) %	Wenden %	Vermessen %	Ein- schneiden %	Vorliefern (Schichtholz) %	
bis 20	28,6	41,5	4,1	16,3	4,2	5,3	100
von 20 bis 35	24,8	34,5	6,0	14,5	9,8	10,4	100
über 35	31,6	33,5	8,2	15,3	5,7	5,7	100

Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt,
Baden-Württemberg, Freiburg 1979,
unveröffentlicht

Im Vergleich zu den später diskutierten Modellen, in denen völlig andere prozentuale Aufschlüsselungen erkennbar werden, entfällt der Hauptanteil der Arbeit auf den Entastungsvorgang. An zweiter Stelle findet sich das Füllen und Zufallbringen sowie das Beisägen der Wurzelanläufe. Ein relativ hoher Prozentsatz wird für die Vermessung und die Sortenbildung an Ort und Stelle benötigt, während das Einschneiden und Vorliefern des anfallenden Schichtholzes nur wenig Zeit beansprucht.

Um für einen modellhaften Vergleich der Alternativverfahren auch hinsichtlich der Kapazitäten zu realistischen Daten zu gelangen, werden jeweils Zeitbedarfswerte, Leistungen und Kosten des Verfahrens für Jahreskapazitäten zwischen 20 000 und 50 000 Fm berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 05 festgehalten.

Von Bedeutung sind die Spalten 7, d. h. die technische Arbeitsproduktivität, ausgedrückt in Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde sowie die Kosten pro produzierte Einheit einschließlich Lohnnebenkosten (Spalte 13).

Deutlich sichtbar werden die Auswirkungen des Stückmassegesetzes (SPEIDEL, 1967) Mit zunehmendem Durchmesser steigt die Leistung bzw. sinken die Kosten beträchtlich. Bereits hier wird im Übrigen auf die geringe technische Arbeitsproduktivität des konventionellen Sortenverfahrens hingewiesen, die zwischen knapp 0,3 Fm/Stunde und 1 Fm/Stunde in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser schwankt. Entsprechend hoch fallen die Kosten aus. Obwohl nur geringe Zuschläge gewährt werden müssen, betragen die Kosten in der ersten Phase der Holzernte, der Aufarbeitung am Fällort 35,-- bis 75,-- DM/Fm ohne Rinde.

Tabelle 05: Leistung, Zeitbedarf, Kosten für Fällen, Entrinden,
Einschnitten und Sortieren
- Sortenverfahren -

Einigungs- art	Jahres- kapazität	Boden- klasse	durchschn. BHD	1)	durchschn. Volumen	Leistungs- vorgabe	tatsächl. Leistung	2)	tatsächl. Zeitbedarf	Kosten o. r. r. 3)	Kosten m. LHK	Kosten pro m. o. r. o. LHK	Kosten pro m. o. r. m. LHK
	Fm o. R.		cm		Fm o. R.	Fm o. R./Std	Fm o. R./Std		Stunden	DM	DM	DM	DM
1. Durch- forstung	20 000	3	16,0		0,05418	0,2970	0,4485		44 593	743.200	1.500.400	37,16	75,02
		2	17,0		0,07245	0,3130	0,4726		42 319	704.400	1.423.000	35,22	71,15
		1	18,0		0,09202	0,3221	0,4864		41 118	685.400	1.384.000	34,27	69,20
2. Durch- forstung	30 000	3	19,0		0,11508	0,3331	0,5030		59 642	995.700	2.008.500	33,19	66,95
		2	20,0		0,15113	0,3464	0,5231		57 350	957.300	1.931.100	31,91	64,37
		1	21,0		0,18962	0,3595	0,5428		55 269	923.100	1.861.500	30,77	62,05
3. Durch- forstung	40 000	3	21,0		0,19834	0,3595	0,5428		73 692	1.230.800	2.482.000	30,77	62,05
		2	23,0		0,25575	0,3849	0,5812		68 823	1.157.200	2.326.400	28,93	58,16
		1	25,0		0,32511	0,4106	0,6200		64 516	1.085.200	2.180.800	27,13	54,52
End- nutzung	50 000	3	34,0		0,79294	0,5602	0,8459		59 108	995.500	1.999.500	19,91	39,99
		2	37,0		1,02131	0,6198	0,9359		53 425	896.500	1.804.000	17,93	36,08
		1	40,0		1,27592	0,6600	0,9966		50 171	845.000	1.697.000	16,90	33,94

1) ausscheldender Bestand

2) tatsächliche Leistung 151 t

3) LHK = Lohnnebenkosten 110 t

6.1.4.2 Rücken

6.1.4.2.1 Definition und generelle Aspekte der Teilarbeit Rücken

Unter Rücken versteht man den Transport des Holzes vom Stock zu den Verladepunkten an den Waldstraßen. In vielen Fällen besteht dieser Arbeitsvorgang aus zwei Teilen, nämlich dem sogenannten Vorliefern des Holzes aus dem Bestand an die Rückegassen oder Maschinenwege und dann über diese hinweg meist in Form größerer Lasten zur Waldstraße. Vergleichbares gilt für die Arbeit auf der Kahlfläche, auch dort werden meist in einem Teilarbeitsgang, die einzelnen Bäume, Rohschäfte oder Stammteile zu größeren Lasten gesammelt und dann erst über die Schlagfläche hinweg auf mehr oder minder engen Fahrspursystemen gerückt.

Während ursprünglich die Holzlast durch den Menschen oder mit Tieren getragen oder geschleift wurde, übernahmen mit dem Aufkommen von Traktoren diese die Schwerarbeit. Hinsichtlich der verwendeten technischen Mittel ist dieses Feld durch eine kaum mehr übersehbare Entwicklung auszeichnet. Gerückt wird heute mit Radschleppern, mit Raupenschleppern, mit Spezial- oder Universalschleppern, mit Schicht- und Langholzschleppern, aber auch mit einer großen Vielfalt von Seilkränen, mit Hebeschleifzügen, ja selbst mit Luftkissenfahrzeugen und Hubschraubern.

Auch mit kombinierten Maschinen wie Fäll-/Rückemaschinen, Vollerntemaschinen, mit denen sowohl gefällt als auch entastet und Sortenschnitte durchgeführt werden, wird das Holz vom Fällort oder dem Rand der Rückegasse zum Lagerplatz an der Waldstraße gebracht.

Im Mittelpunkt steht, obwohl u. a. Seilkransysteme in den letzten Jahren rasch weiter entwickelt wurden, das Rücken mit Schleppern. Diese werden in zwei sehr unterschiedlichen Formen angeboten, und zwar einmal als Langholzrückefahrzeug, ausgerüstet mit entsprechender Seilwinde (Ein- oder Doppeltrommelwinde), und zum zweiten als sogenannter Forwarder, d. h. Schichtholz-Rückezug. Auch in diesen beiden Klassen sind eine Vielzahl unterschiedlichster technischer Lösungen zu finden. Als Stammholzrückeschlepper dienen entsprechend ausgerüstete, für die Landwirtschaft entwickelte Traktoren, aber auch sogenannte Tragknickschlepper, die speziell für den Rückevorgang entwickelt wurden, mit vier gleichgroßen Rädern, allradangetrieben, mit vollhydraulischer Rahmen-Knicklenkung.

Sowohl die bäuerlichen als auch die Spezialschlepper besitzen für den Rückeeinsatz Zusatzausrüstungen, bestehend aus Ein- oder Doppeltrommelseilwinden oder hydraulischen Greifern zum Aufnehmen des Holzes, Tragbergstütze und Frontpolterschild, Chokersystemen, Sicherheitseinrichtungen wie Überrollbügel, Funkfernsteuerung für Einmannarbeit usw.

Wie nicht anders zu erwarten, ist es bei der Vielzahl der angebotenen technischen Lösungen, aber auch der weiten Streuung der Geländeverhältnisse, in denen gerückt werden muß, und der unterschiedlichen Stückmasse des zu rückenden Holzes schwierig, zu generellen Aussagen zu gelangen. LATTEN (1969) untersuchte u. a. die Rückeleistung unterschiedlicher Schleppertypen unter normalen bis mäßigen und schwierigen Verhältnissen im Flachland und Gebirge. Bei seinen Versuchen wurden Schlepper zwischen 70 und 90 PS eingesetzt. Er registrierte folgende Leistungen:

- konventionelle Agrarschlepper: Leistung 100 %
- Forstradschlepper mit vier gleich großen Rädern und Spurstangenlenkung: Leistung 79,7 %
- Spezialbringungsschlepper mit Knicksteuerung: Leistung 120 %

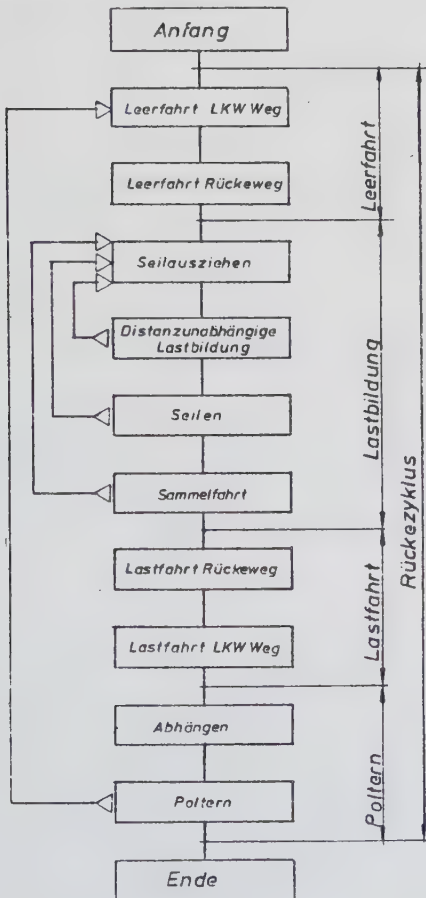
Er stellte weiter fest, daß vor allem die beiden ersten Schleppergruppen bei zunehmender Arbeiterschwerung einen erheblichen Leistungsabfall aufwiesen, während die Schlepper der dritten Gruppe verhältnismäßig lange mit nahezu gleichbleibender Leistung arbeiten konnten.

Schichtholzrückezüge unterscheiden sich grundsätzlich von den Langholz-Rückeschleppern; das Holz wird nicht gezogen sondern getragen. Be- und Entladen wird mit einem Hydraulikkran, meist mit 5 bis 6 m Reichweite und einer Hubkraft zwischen 500 und 800 kg. Hohe Bodenfreiheit, Antrieb an allen Rädern und die Ausrüstung mit sogenannten Pendelachsen führen zu einer großen Geländegängigkeit. Gerückt wird in Einmannarbeit, wobei dank der entsprechenden Belademöglichkeiten (bis zu 15 t) hohe Leistungen erbracht werden. Auf diesen Schichtholzrückezügen werden Holzlängen zwischen 1 und 6 bis 8 m Länge transportiert.

Entsprechend der Aufgabenstellung (in Modell 1 und 3 werden Langholz-Sortimente bzw. Vollbäume gerückt, in Modell 2 bereits entastetes und in kürzere Längen gekapptes Holz) kommen entsprechend Langholzrückeschlepper bzw. Schichtholzrückezüge zum Einsatz und werden in der Kalkulation entsprechend berücksichtigt.

6.1.4.2.2 Zeitbedarf, Leistung und Kosten beim Langholzrücken - Sortenverfahren -

Darstellung 09 stellt den Rückezyklus für Langholz als eine geschlossene Einheit dar.



Darstellung 09: Rückezyklus

Nach der Leerfahrt auf Fahrweg und Rückegasse erfolgt im Normalfall das Seil-Ausziehen, das Anhängen der Last mit Hilfe von Drahtseilen oder Ketten, das Beiseilen, Zwischenfahrten auf der Rückegasse und dann, nachdem eine ausreichend große Gesamtlast gesammelt ist, die Lastfahrt auf Rückeweg und Fahrweg zum Lagerplatz. Dort wird die Last abgehängt und meist mit Hilfe des Frontpolterschilds, seltener mit dem Heckschild gestapelt, was als Poltern bezeichnet wird.

In der Vergangenheit hat es sich als außerordentlich schwierig erwiesen, zuverlässige Leistungs- und Kostentabellen für derartige Rückevorgänge zu entwickeln. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Ursache hierfür in der weiten Streuung der Arbeitsbedingungen, der Vielzahl technischer Lösungen, der Stückmasseabhängigkeit, aber auch in der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der Maschinenführer zu suchen ist.

STEINLIN (1953) wies darauf hin, daß der Erfolg von Leistungsstudien in diesem Bereich wesentlich von der Wahl geeigneter Meßgrößen abhängt. Er schlug u. a. vor, den Arbeitszeitbedarf beim Rücken nicht auf den Festmeter sondern auf die Last zu beziehen.

BENTZ und HILSCHER (1967) rechneten alle Teilzeiten pro Stück und ermittelten die Leistung in Fm/Stunde über den mittleren Stückinhalt. Wichtig ist die Erkenntnis, daß die meisten Teilzeiten des Rückevorgangs distanzunabhängig anfallen, in starkem Maße aber im Zusammenhang mit der mittleren Stückmasse und der Anzahl Stücke je Last stehen. Berücksichtigt man diese, können auch unterschiedliche Schlepper, d. h. solche mit geringer PS-Stärke mit entsprechend kräftigeren Typen und besserer Zusatzausrüstung miteinander verglichen werden.

ABEGG und PFEIFFER (1971) wiesen in einem verschiedene Schlep-
pertypen umfassenden Versuch nach, daß die maximal je Rückevor-
gang transportierbare Stückzahl in direkter Abhängigkeit zur
Stärke des Schleppers und seinem Typ gesehen werden.

Tabelle O6: Leistungsgrenzen verschiedener Traktortypen

Traktortyp	max. Stück- bzw. Lastgröße (Nadelholz) Fm	max. Geländeneigung %
30 PS/1,6 t Kleintraktor	1	25
40 PS/2,0 t Forsttraktor	3	25
57 PS/3,1 t Landwirtschaftstraktor	4	25
54 PS/4,0 t Knickschlepper	5	40
65 PS/4,8 t Knickschlepper	7	50

Quelle: ABEGG und PFEIFFER, 1971

In ihrem Bericht (1971) über Berechnungsunterlagen für die
Rückeleistung von Forsttraktoren in befahrbarem Gelände ver-
suchen die beiden Autoren Grundlagen für die Vorauskalkulation
zu erwartender Rückeleistungen zu schaffen. Dasselbe versucht
H. J. LOYCKE (1970) in seiner Publikation "Vorausschätzen von
Leistungen beim Rücken von Fichtenstammholz mit Forstschleppern".
Vergleichsuntersuchungen, vor allem Gegenüberstellung mit Wer-
ten, die der Autor in eigenen Versuchen ermittelte, zeigten,

daß beide Vorgehensweisen tendenziell zu geringen Leistungen und damit zu zu hohen Kosten führen. Hingegen erwies sich die Verwendung folgender Unterlagen zur Kalkulation der Rückekosten im Modell Sortenverfahren als zuverlässiger:

Im Jahr 1973 publizierte die Forstdirektion Südbaden in Freiburg einen Erlaß zur "Verakkordierung des Rückens von Nadelstammholz mit Schlepper". Aus umfangreichen Zeitstudien wurden Vorgabezeiten für das Rücken erarbeitet mit den Fahrzeugen UNIMOG 84 und WELTE ÖKONOM, einem Tragknickschlepper mit 85 PS Mit jeweils gleicher Besatzung (Fahrer und Beifahrer) wurde hier das Rücken unter den verschiedenartigsten Geländebedingungen, Holzstärken und Witterungseinflüssen untersucht. Die Zeittabellen wurden aus jeweils etwa 600 Einzelfahrten errechnet.

Bei den Fahrzeiten wird unterschieden nach Fahrweg, d. h. Waldstraße, Schleifweg, d. h. Rückegasse und Bestand. Für das Vorbereiten des Polters wurde ein Mittelwert unterstellt. Die Polterzeit wird stückmasseabhängig dargestellt und zwar nach Brusthöhendurchmessern zwischen 20 und 70 cm, wobei bei Hochpoltern Zuschläge gewährt werden, ebenso bei einem größeren Anteil von Abschnitten, d. h. kürzeren Hölzern. Die Lastaufnahme wird ebenfalls wieder stückmasseabhängig darstellt, zusätzlich berücksichtigt wird hierbei der notwendige Seilauszug in Distanzgruppen. Für das Ausziehen des Seiles bergauf muß ein nennenswerter Zuschlag gewährt werden.

Die unterstellte Lastmasse pro Fahrt schwankt beim UNIMOG in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser zwischen 2,4 und 5,1 Fm/Fahrt, beim ÖKONOM-Knickschlepper zwischen 3,0 und 7,0 Fm/Fahrt. An allgemeinen Zeiten werden 15 % der reinen Arbeitszeit zusätzlich gewährt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 07 dargestellt, wobei, entsprechend den in einer Kiefernplantage vorzufindenden einfachen Arbeitsbedingungen, jeweils der einfachste Fall gewählt wurde.

Ersichtlich wird wiederum die starke Abhängigkeit der Leistung von der Stückmasse, wobei die Ergebnisse durchaus den in der Praxis zu erwartenden Werten entsprechen, vielleicht mit der Einschränkung, daß im stärkeren Holz, also bei der Endnutzung, bei entsprechend sorgfältiger Vorbereitung und Durchführung der Arbeit etwas höhere Arbeitsleistungen erreicht werden können. Hierauf weisen auch die Ergebnisse von ABEGG und PFEIFFER und auch von LOYCKE hin.

Die in der letzten Spalte aufgeführten Rückekosten/Fm erscheinen ebenfalls plausibel, wobei hier erneut darauf hingewiesen werden muß, daß in diesen vergleichsweise hohe Fahrerlöhne und Fahrer-Lohnnebenkosten enthalten sind.

6.1.4.3 Straßentransport

Die Modalitäten des Straßentransports sind in Europa durch EG-Normen geregelt. Das Gesamtgewicht der Fahrzeuge darf 38 t nicht überschreiten, die Gesamtlänge 18 m. Nur in Ausnahmefällen können Einzel- oder Dauergenehmigungen bezüglich der Fahrzeuglänge mit 22 m oder mehr getroffen werden. Dies bedeutet, bei einem Mindestleergewicht der Fahrzeuge von rund 16 t, daß die maximale Zuladung 22 bis 22,5 t erreichen kann. Vergleichbares gilt für diejenigen Länder, in denen Kiefern in Form von Plantagen angebaut werden können, wobei eher größere Transportlasten zugelassen werden. In Brasilien z. B. beträgt das

Tabelle 07: Leistung, Zeitbedarf und Kosten für das Rücken mit UNIMOG
- konventionelles Sortenverfahren -

Eingriffs- art	Jahres- kapazität	Roden- klasse	durchschn. BHD	1)	durchschn. Volumen	Leistung	Zeitbedarf	Kosten o. LNK 2)	Kosten m. LNK	Kosten pro Fm o. R. o. LNK	Kosten pro Fm o. R. m. LNK
	Fm o. R.		cm		Fm o. R.	Fm o. R./Std	Stunden	DM	DM	DM	DM
1. Durch- forstung	20 000	3	16,0		0,05418	2,48	8 065	296.550	409.863	14,83	20,49
		2	17,0		0,07245	2,55	7 843	288.387	398.581	14,42	19,92
		1	18,0		0,09202	2,65	7 547	274.503	383.539	13,73	19,18
2. Durch- forstung	30 000	3	19,0		0,11508	2,73	10 989	404.066	558.461	13,47	18,62
		2	20,0		0,15113	2,79	10 753	395.388	546.467	13,18	18,22
		1	21,0		0,18962	2,85	10 526	387.041	534.931	12,90	17,83
3. Durch- forstung	40 000	3	21,0		0,19834	2,85	14 035	516.067	713.259	12,90	17,83
		2	23,0		0,25575	3,05	13 115	482.239	666.504	12,06	16,66
		1	25,0		0,32511	3,22	12 422	456.756	631.286	11,42	15,78
End- nutzung	50 000	3	34,0		0,79294	4,35	11 494	422.634	584.125	8,45	11,68
		2	37,0		1,02131	4,75	10 526	387.041	534.931	7,74	10,70
		1	40,0		1,27592	5,16	9 690	356.301	492.446	7,13	9,85

1) ausschneidender Bestand

2) LNK = Lohnnebenkosten 110 %

Quelle: nach Ritwerttabelle Süd-Baden

maximale Gesamtgewicht des Fahrzeugs 50 t und damit die mögliche Zuladung 30 bis 32 t. Bemerkenswert ist weiter, daß zwischen Nah- und Fernverkehr unterschieden wird, der Nahverkehr bezieht sich auf einen Halbmesser um den Stationierungsort mit 50 km (LÜNZMANN, 1967).

Betrachtet man das Holztransportproblem aus forstlicher Sicht, dann empfiehlt es sich wie folgt zu unterscheiden:

- der Holztransport vom Lagerplatz im Wald zum forstlichen Aufarbeitungsplatz, z. B. zum Holzhof
- der Rohholztransport vom Wald zum Werk, d. h. zum Be- und Verarbeiten des Holzes
- der Transport des be- und verarbeiteten Holzes vom Werk zum Markt.

Von Interesse ist, daß z. B. im Jahr 1975 (mitgeteilt durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) der Gesamtholztransport in der Bundesrepublik Deutschland auf folgende Verkehrseinrichtungen entfiel:

- Straße	53,5 %
- Eisenbahn	26,6 %
- Binnenschifffahrt	5,0 %
- Seeschifffahrt	14,9 %

Etwa 2/3 des inländischen Stammholzes wurden im Nahverkehr, 1/3 im Fernverkehr transportiert:

- 70 % im LKW-Nahverkehr
- 20 % im LKW-Fernverkehr
- 10 % per Bahn.

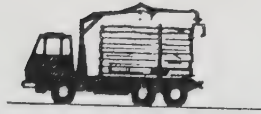
Es wird darauf hingewiesen, daß als Folge der unterschiedlichen Tarife im Nah- und Fernverkehr, aber auch der nennenswert längeren Leerfahrten Wirtschaftlichkeitsschwellen für den Holztransport auf der Straße entstehen können. Bei Industrieholz z. B. liegt die Grenze bei 100 bis 120 km. Nur innerhalb dieser, sich weitgehend mit dem Nahverkehr deckenden Zone ist dieser wirtschaftlich durchzuführen. Bei größeren Entfernungen kommt der Bahntransport zur Anwendung.

Wie Darst. 10 zeigt, sind, entsprechend den Holzdimensionen, vor allem der Holzlänge sehr unterschiedliche Transporttechniken in Anwendung. Für Kurzholz werden die Lastwagen-Typen 1 und 2, also ein- oder zweiachsige Zugwagen mit oder ohne Anhänger benutzt. Die Beladung erfolgt heute mit Hydraulikkranen, die beim Kurzholz entweder direkt hinter der Fahrerkabine oder aber heckmontiert am Zugwagen angebracht werden. Langholz wird entweder auf Sattelauflegern oder aber mit Hilfe eines meist elektronisch gesteuerten Nachläufers transportiert und in der Regel ebenfalls durch Hydraulikkranen, selten noch mit Seilwinden, manipuliert. Für Vollbäume wurden in jüngster Zeit in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Forstbenutzung Freiburg und Ausrüsterfirmen Speziallastkraftwagen entwickelt.

Auf die Unterschiede zwischen Lang- und Kurzholz im Hinblick auf den Straßentransport weisen MAHLER und SCHELISHORN (1972) hin:

- kürzere Abschnitte (Blochholz)
- sie weisen geringere Krümmungen auf
- vor allem beim Be- und Entladen können sie mit Hilfe von Hydraulikkranen leicht bewältigt werden.

- 1) Lastwagen mit einer
oder zwei Hinterachsen



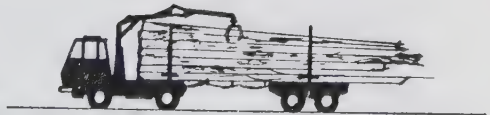
- 2) Lastwagen mit Anhänger



- 3) Lastwagen mit Sattelzug



- 4) Lastwagen mit Anhänger
(Rohschaft)



- 5) Lastwagen verschiebbar
(Ganzbaum)



Darst. 10: Verschiedene LKW's für Holztransport mit
mit Ladekran und Hochsitz

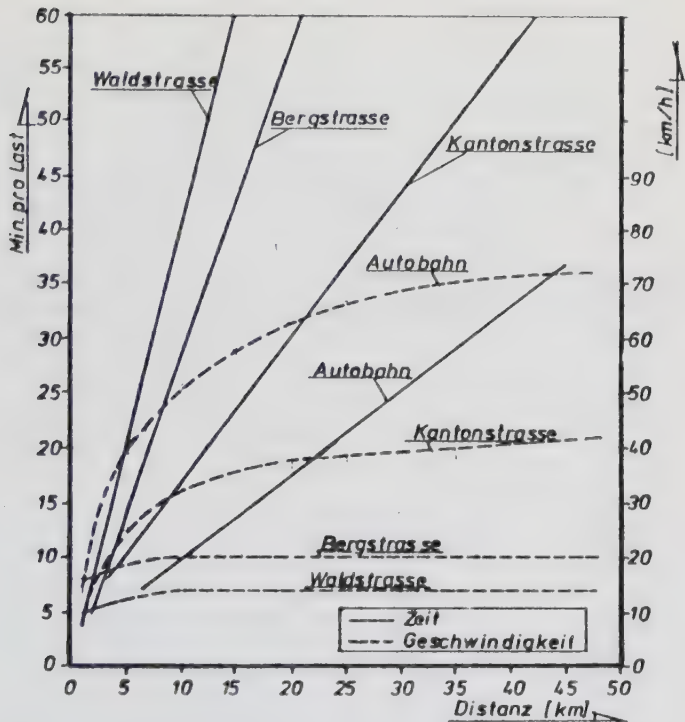
Demgegenüber stehen folgende Nachteile:

- hohe Stückzahl und geringere Stückmasse je Einheit
- höherer Arbeitsaufwand bei der Aufarbeitung
(berücksichtigt bei der Kalkulation der Aufarbeitungskosten)
- mehr Teilarbeiten, die unter Umständen an verschiedenen Orten durchgeführt werden müssen, bringen organisatorische Probleme mit sich.

6.1.4.4 Zeitbedarf, Leistung und Kosten beim Straßentransport - Sortenverfahren -

Kalkulationswerte für den Zeitaufwand und die Kosten für den Straßentransport wurden beim traditionellen Arbeitsverfahren aus einem von BUTORA (1978) durchgeführten Versuch übernommen. Er führte Vergleichsuntersuchungen mit verschiedenen Lastkraftwagentypen durch. Im vorliegenden Fall wurde ein zweiachsiger Lastkraftwagen mit Anhänger, ausgerüstet mit Ladekran, kalkuliert. Er transportiert bis zu 18 Fm ohne Rinde Nutzlast, wobei Festmetergewichte zwischen 750 und 1000 kg/Fm unterstellt wurden. Der LKW mit Anhänger weist mit Kran ein Gewicht von 13,5 t auf. Einschließlich Last errechnet sich damit ein Gesamtgewicht von 28 000 kg (28 t).

Die Stundenleistungen schwanken danach zwischen 5 und 7 Fm in Abhängigkeit von der Stückmasse. Dem entsprechen Kosten zwischen 10,50 und 14,50 DM/Fm einschließlich Lohnnebenkosten. Auffällig ist, daß das Stückmassegesetz beim Straßentransport offensichtlich nicht mehr dieselbe Bedeutung besitzt wie beim Aufarbeiten im Be-



Darstellung 11: Lastbezogener Zeitbedarf in Abhängigkeit von der Transportdistanz und Geschwindigkeit auf den verschiedenen Straßentypen

stand und beim Rücken. Dies ist darauf zurückzuführen, daß mit Hilfe des Hydraulikkran nicht nur Einzelstücke, sondern gleichzeitig mehrere ergriffen und auf das Fahrzeug gehoben werden können. Der Hydraulikkran bildet sich also eine nahezu optimale lastgleiche Stückmasse.

Tabelle 08: Leistung, Arbeitszeitbedarf und Kosten für Transport mit LKW mit Anhänger im Nahverkehr (+ 30 km)
- konventionelles Sortensystem und Proccessorverfahren -

Eingriffsart	Jahreskapazität Fm o. R.	Bodenklasse	durchschn. BHD cm	durchschn. Volumen Fm o. R.	Leistung Fm o. R./Std	Zeitbedarf Stunden	Kosten o. LNK 2)	Kosten m. LNK DM	Kosten pro Fm o. R. o. LNK	Kosten pro Fm o. R. m. LNK
1. Durchforstung	20 000	3	16,0	0,05418	5,07	3 945	241.513	289.326	12,08	14,47
		2	17,0	0,07245	5,24	3 817	233.677	279.939	11,68	14,00
		1	18,0	0,09202	5,30	3 774	231.044	276.785	11,55	13,84
2. Durchforstung	30 000	3	19,0	0,11508	5,35	5 607	343.261	411.218	11,44	13,71
		2	20,0	0,15113	5,47	5 484	335.730	402.196	11,19	13,41
		1	21,0	0,18962	5,66	5 300	324.466	388.702	10,82	12,96
3. Durchforstung	40 000	3	21,0	0,19834	5,77	6 932	424.377	508.393	10,61	12,71
		2	23,0	0,25575	5,87	6 814	417.153	499.739	10,43	12,49
		1	25,0	0,32511	6,16	6 494	397.563	476.270	9,94	11,91
Endnutzung	50 000	3	34,0	0,79294	6,76	7 396	452.783	542.423	9,06	10,85
		2	37,0	1,02131	6,85	7 299	446.845	535.309	8,94	10,71
		1	40,0	1,27592	6,95	7 194	440.417	527.608	8,81	10,55

1) ausschließender Bestand
2) LNK = Lohnnebenkosten 110 %

6.1.5 Technische Arbeitsproduktivität und Arbeitskräftebedarf

6.1.5.1 Technische Arbeitsproduktivität

- konventionelles Sortenverfahren -

Unter dem Begriff Produktivität versteht man nach SPEIDEL (1961, 1967) das Verhältnis zwischen Produktionsergebnis und den eingesetzten Produktionsfaktoren:

$$P = \frac{E}{K}$$

wobei:

P = Produktivität

E = Produktionsergebnis

K = Produktionsfaktoren

bedeutet.

Zu den Produktionsfaktoren, auf die sich das Produktionsergebnis bezieht, rechnen die Arbeitskräfte (Arbeiter, Angestellte oder Beamte), ferner das Kapital wie Waldbestände, Gebäude, Straßen und Maschinen und der Boden.

Greift man aus der Vielzahl der Produktionsfaktoren nur die Arbeitskräfte heraus und bezieht das Produktionsergebnis auf die von ihnen geleisteten effektiven Arbeitszeiten, so spricht man von der Arbeitsproduktivität. Unterschieden wird weiter zwischen der sogenannten Vollproduktivität und der technischen Arbeitsproduktivität, wobei nach SPEIDEL (1963), GRAMMEL (1978) als Vollproduktivität folgende Relation gilt:

$$PA = \frac{W}{\text{Summe Arbeitsstunden}}$$

wobei:

PA = Arbeitsvollproduktivität

W = Wertschöpfung

Summe Arbeitstunden = Summe der effektiven Arbeitszeiten

bedeutet.

Als technische Arbeitsproduktivität bezeichnet man folgerichtig das Verhältnis von

$$PA_{\text{technisch}} = \frac{\text{Erzeugnis Mengen}}{\text{Summe Arbeitsstunden}}$$

wobei:

PA_{technisch} = Arbeitsproduktivität

Erzeugnis Mengen = Produktionsergebnis wie lfm, Fm usw.

Summe A = Summe der effektiven Arbeitszeiten

bedeutet.

Tabelle 09 enthält Durchschnittswerte zur erreichbaren technischen Arbeitsproduktivität für das Gesamtverfahren konventioneller Holzaufarbeitung. Differenziert wird nach der Eingriffsart und damit nach der Holzstärke und nach der Bodenklasse. Getrennt aufgeführt sind die Teilarbeiten Fällen, Aufarbeiten und Rücken sowie Fällen, Aufarbeiten und Rücken einschließlich Straßentransport.

Tabelle 09: Technische Arbeitsproduktivität
- konventionelles Sortenverfahren -

Eingriffsart	Boden- klasse	Aufarbeitung, Rücken und Transport Fm/Std.
1. Durchforstung	3	0,35
	2	0,37
	1	0,38
2. Durchforstung	3	0,39
	2	0,41
	1	0,42
3. Durchforstung	3	0,42
	2	0,45
	1	0,48
Endnutzung	3	0,64
	2	0,70
	1	0,75

Entsprechend der hohen Arbeitsintensität, die für dieses Verfahren charakteristisch ist, werden beim Schwachholz für die Aufarbeitung im Bestand also Fällen, Aufarbeiten und Rücken beim Schwachholz nur 0,28, beim Starkholz immerhin 0,82 Fm/Arbeitsstunde bewältigt. Einschließlich Straßentransport senkt sich dieser Wert auf 0,25 Fm bis 0,65 Fm/Arbeitsstunde.

6.1.5.2 Arbeitskräftebedarf

- konventionelles Sortenverfahren -

Die Zahl der für die einzelnen Eingriffsarten und das Gesamt-Plantagenmodell notwendigen Arbeiter bzw. Maschinen wird unter Annahme einer durchschnittlichen jährlichen Auslastung von 1800 Stunden kalkulatorisch aus den bis hierher zusammengestellten Leistungsdaten hergeleitet. Tabelle 10 zeigt für die verschiedenen Eingriffe bei bestimmten Jahreskapazitäten die für die einzelnen Arbeitsschritte notwendigen Personalzahlen.

Tabelle 10: Anzahl der Arbeitskräfte
(bei 1800 produktiven Arbeitsstunden/Jahr)
- konventionelles Sortenverfahren -

Eingriffs- art	Boden- klasse	Jahres- kapazität Fm o. R.	Zahl der Arbeitskräfte bei den Phasen		
			Aufarbeitung tatsächl. Leistung	Rücken	Transport
1. Durch- forstung	3		24,8	4,5	2,2
	2	20 000	23,5	4,4	2,1
	1		22,8	4,2	2,1
2. Durch- forstung	3		33,1	6,1	3,1
	2	30 000	31,9	6,0	3,1
	1		30,7	5,8	3,0
3. Durch- forstung	3		40,9	7,8	3,9
	2	40 000	38,2	7,3	3,8
	1		35,8	6,9	3,6
End- nutzung	3		32,8	6,4	4,1
	2	50 000	29,7	5,8	4,1
	1		27,9	5,4	4,0

Die Konzentration der Arbeit am Fällort (Fällen, Aufarbeiten, Sortieren) wird deutlich sichtbar; im Dienst stehen 1 LKW-Fahrer, 2 Rückeschlepper-Fahrer und 7 bis 11 Holzhauer. Da sowohl die Motorsäge als auch die Rückeschlepper und der LKW von jeweils einer Arbeitskraft bedient bzw. gefahren werden, entspricht die Relation zwischen den Arbeitskräften auch weitgehend derjenigen der Maschinen.

Tabelle 11: Arbeitskräftebedarf
- konventionelles Sortenverfahren -

Eingriffsart	Boden- klasse	Arbeitskräfte-Relation bei den Phasen		
		tatsächl. Aufarbeitung	Rücken	Transport
1. Durch- forstung	3	11,3	2,1	1,0
	2	11,2	2,1	1,0
	1	10,9	2,0	1,0
2. Durch- forstung	3	10,7	2,0	1,0
	2	10,3	1,9	1,0
	1	10,2	1,9	1,0
3. Durch- forstung	3	10,5	2,0	1,0
	2	10,1	1,9	1,0
	1	9,9	1,9	1,0
End- nutzung	3	8,0	1,6	1,0
	2	7,2	1,4	1,0
	1	7,0	1,4	1,0

Da bei Verfahren 1, im Gegensatz zu den nachfolgenden, konkurrierend kalkulierten Verfahren, mobile Aufarbeitung mit großen Maschinen und Holzhoftsystem keine Großanlagen benötigt

werden, wird in diesem Fall die Jahres-Transportkapazität eines Lastkraftwagens als Grundlage der Kalkulation benutzt. Im Vergleich hierzu werden entsprechend Tabelle 11 zwischen 12,0 und 7,0 Arbeitskräfte im Holzeinschlag und 2,1 bis 1,4 Schlepper beim Rückevorgang benötigt. Hier macht sich wieder die starke Abhängigkeit von der Stückmasse bemerkbar.

6.1.6 Gesamtkosten/Fm und Sachinvestitionen

---konventionelles_Sortenverfahren---

6.1.6.1 Gesamtkosten/Fm

Tabelle 12 enthält die prozentualen Anteile der Arbeiter- und Maschinenkosten, bezogen auf die Teilarbeiten Fällen und Aufarbeiten, Rücken, Straßentransport und aufgeschlüsselt nach erster, zweiter, dritter Durchforstung und Endnutzung (Kostenstruktur). Diese Tabelle, vermittelt eine Reihe von Erkenntnissen. Daß der Anteil der Arbeitskosten am Gesamtsystem nahezu 75 % beträgt, ist vor allem auf die hohe Arbeitsintensität im Bereich des Fäll- und Aufarbeitungsvorganges (96 : 4 %) zurückzuführen. Bereits beim Rückevorgang verändert sich das Verhältnis auf 50 : 50, beim Straßentransport entfallen 2/3 der Kosten auf das Fahrzeug, nur noch 1/3 auf die Arbeitskraft. Dieses Verhältnis besitzt insofern eine besondere Bedeutung, als Untersuchungen darauf hinweisen (GRAMMEL, 1978), daß Arbeitskosten regelmäßig schneller steigen als Maschinen- und Materialkosten, zumal neue Maschinen in der Regel auch höhere Leistungen erbringen.

Auffällig ist, daß sich kaum eine Stückmasseabhängigkeit zeigt, das Verhältnis der Maschinen- zu Arbeitskosten bleibt über den gesamten Durchmesserbereich hinweg nahezu dasselbe.

Tabelle 12: Verhältnis zwischen Arbeits- und Maschinenkosten
- konventionelles Sortenverfahren (in %) -

Eingriffsart	Fällungsvorgang		Rücken		Transport		Insgesamt	
	Arbeiter	Maschine	Arbeiter	Maschine	Arbeiter	Maschine	Arbeiter	Maschine
1. Durchforstung	96,37	3,63	52,77	47,23	31,51	68,49	60,21	39,78
2. Durchforstung	96,26	3,74	52,77	47,23	31,51	68,49	60,18	39,82
3. Durchforstung	96,03	3,97	52,77	47,23	31,51	68,49	60,10	39,90
Endnutzung	95,91	4,09	52,77	47,23	31,51	68,49	60,06	39,94
im Durchschnitt	96,03	3,97	52,77	47,23	31,51	69,49	60,10	39,90

Tabelle 13 enthält die Gesamtkosten/Fm für die Kette Fällen, Aufarbeiten, Rücken und Straßentransport.

Tabelle 13: Gesamtkosten/Fm o.R.
(Aufarbeitung, Rücken und Transport)
- konventionelles Sortenverfahren -

Eingriffsart	Jahreskapazität Fm o. R.	Bodenklasse	durchschn. BHD cm	Gesamtkosten/ Fm o. R.	
				o.LNK DM	m.LNK DM
1. Durchforstung	20 000	3	16,0	64,06	109,98
		2	17,0	61,32	105,08
		1	18,0	59,55	102,22
2. Durchforstung	30 000	3	19,0	58,10	99,27
		2	20,0	56,28	95,99
		1	21,0	54,49	92,84
3. Durchforstung	40 000	3	21,0	54,28	92,59
		2	23,0	51,41	87,32
		1	25,0	48,49	82,21
Endnutzung	50 000	3	34,0	37,42	62,52
		2	37,0	34,61	57,48
		1	40,0	32,83	54,34

Auffällig sind die hohen System-Gesamtkosten/Fm, die beim Schwachholz bei über 109,-- DM und beim stärkeren Holz immer noch 54,-- bis 65,-- DM/Fm betragen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß dieser Kalkulation die angeblich höchsten Waldarbeiterlöhne der Welt zugrundeliegen. Es wird Aufgabe weiterer Systemvergleiche sein, Kalkulationen mit anderen Lohngrundlagen durchzuführen, wobei bei derartigen Vergleichen allerdings nicht nur der augenblickliche Stand, sondern die voraussichtliche zukünftige Entwicklung berücksichtigt werden sollte.

6.1.6.2 Sachinvestitionen

Der Investitionsbegriff wird in der Nationalökonomie eng gefaßt: SCHMITT, R. B. (1975) versteht unter Investitionen den Einsatz von Produktionsfaktoren für die Erhaltung, Verbesserung und/oder Vergrößerung des Produktionsapparates der Volkswirtschaft (außer private Haushalte).

Nach SPEIDEL (1967) kann man bei den Investitionen zwei Typen unterscheiden:

- Realinvestitionen
- finanzielle Investition

Die Realinvestitionen bedeuten die Beschaffung von Gütern, die finanziellen Investitionen betreffen Transaktionen in der Geldsphäre des Betriebs.

Im Forstbetrieb bedeutet die Realinvestition die Beschaffung von Maschinen, die Errichtung oder den Kauf von Gebäuden, die Begründung neuer Bestände, Wertästung und Läuterung in einem Jungbestand oder die Anlage von Pflanzgärten, Wegebau usw.

GRAMMEL (1976) definierte den Begriff Investition als "Summe aller bei der Wahl eines Produktionsprozesses notwendigen Ausgaben", d. h. also über die eigentlichen Produktionsmittel wie Maschinen und Anlagen hinaus auch die Ausgaben für menschliche Arbeitskraft, Werkstoffe und Fremdleistungen.

Im vorliegenden Fall bei der Kalkulation der Investitionssumme wird unterstellt, daß eine bestimmte Holzmenge jährlich aufgearbeitet und transportiert werden soll (jährliche Kapazität).

Die Investition umfaßt also den Anschaffungspreis einschließlich Mehrwertsteuer aller Maschinen und Anlagen, Geräte und Werkzeuge, die benötigt werden um die entsprechende Jahreskapazität zu erreichen. Tabelle 14 enthält die entsprechenden Beträge für die erste, zweite, dritte Durchforstung und die Endnutzung sowie einen Gesamtbetrag für das normale Modell.

Unser besonderes Interesse finden die auf den Hektar bzw. den produzierten Festmeter bezogenen Werte. Der Durchschnitt liegt bei 514,-- DM ohne Transport und 1.153,--/ha einschließlich Transport. Je Festmeter sind es 23,76 DM bzw. 53,26 DM.

Tabelle 14: Sachinvestitionsbedarf
- konventionelles Sortenverfahren -

Eingriffsart	Jahreskapazität Fm o. R.	Bodenklasse	BHD cm	Aufarbeitung DM	Rücken DM	Transport DM	insgesamt	
							Fällvorgang u. Rücken DM	Fällvorgang, Rücken u. Transport DM
1. Durchforstung	20 000	3	16,0	37.766	585.000	641.427	622.766	1.264.193
		2	17,0	35.787	572.000	620.925	607.787	1.228.712
		1	18,0	34.720	546.000	615.067	580.720	1.195.787
2. Durchforstung	30 000	3	19,0	50.406	793.000	913.814	843.406	1.757.220
		2	20,0	48.579	780.000	893.311	828.579	1.721.890
		1	21,0	46.751	754.000	861.094	800.751	1.661.845
3. Durchforstung	40 000	3	21,0	62.284	1.014.000	1.127.623	1.076.284	2.203.907
		2	23,0	58.172	949.000	1.110.049	1.007.172	2.117.221
		1	25,0	54.516	897.000	1.057.329	951.516	2.008.845
Endnutzung	50 000	3	34,0	49.949	832.000	1.203.774	881.943	2.085.723
		2	37,0	45.228	754.000	1.189.129	799.228	1.988.357
		1	40,0	42.487	702.000	1.171.556	744.487	1.916.043

6.2 Hochmechanisiertes mobiles Kurzholzverfahren

- Processorverfahren -

6.2.1 Beschreibung des Verfahrens

Da die in der Realität bei diesem Verfahren eingesetzten Erntemaschinen sehr unterschiedlicher Natur sind, werden zwei Varianten kalkuliert:

- Variante A für Schwachholz, geerntet in Durchforstungsbeständen
- Variante B Ernte von mittelstarkem bis starkem Holz der Endnutzung auf Kahlflächen

Die Durchforstungsbestände werden mit Rückegassen in 20 bis 25 m Abstand erschlossen. Gefällt wird mit einer Leichtmotorsäge, Bäume die von sich aus nicht zu Boden fallen, bleiben angelehnt stehen. In den Rückegassen kommt anschließend ein Durchforstungsprocessor, im vorliegenden Fall der Firma KOCKUMS-Industrie AB des Typs GP 822 zum Einsatz. Mit dieser Erntemaschine wird das Holz vom Fällort an die Rückegasse vor- geliefert, entastet, eingeschnitten und in Sorten getrennt. Zwei bis drei Sortimente wie Sägeholz, gesundes und krankes Industrieholz können grob vorsortiert werden.

Die Sortimente werden am Rande der Rückegasse mit dem Hydraulikkran sogenannter Forwarder, d. h. Schichtholzrückezüge aufgenommen und mit diesen Fahrzeugen an die Waldstraßen transportiert und dort getrennt gestapelt. Der Transport des Holzes über die Waldstraße und die öffentlichen Verkehrswege erfolgt üblicherweise mit Lastkraftwagen und Anhängern.

Für mittelstarkes und starkes Holz der Endnutzung, geerntet in Form von Kahlhieben, wird das vom Verfasser als "Schwedisches Verfahren" bezeichnete System unterstellt. Der Verfasser hatte selbst Gelegenheit umfangreiche Zeitstudien im Hinblick auf die Bewertung dieser Vorgehensweise bei der Schwedischen Firma SVENSKA CELULOSA AKTIE BOLAGET durchzuführen, wofür den beteiligten Herren herzlich gedankt wird.

Gefällt wird mit einer Fällbündelmaschine, wobei die Bäume mit einem hydraulischen Arm ergriffen, mit einer Schwenkkettensäge vom Stock getrennt und bündelweise abgelegt werden, vorbereitet für die Aufnahme durch den Processor. Mit diesen Processoren, im untersuchten Fall handelte es sich um einen Typ KOCKUMS 850, werden die Vollbäume auf der Kahlfläche entastet, in weitgehend genormte Längen gekappt und nach drei Qualitätssorten getrennt gelagert. Mit einem sogenannten Forwarder (im Versuchsbetrieb VOLVO 868) wird dann sortenweise vom Stapelplatz auf der Kahlfläche an die Waldstraße gerückt. Der Straßentransport erfolgt mit Lastkraftwagen und Anhängern.

Dem Processor, also der Aufarbeitungsmaschine, die wie erwähnt entastet, einschneidet und sortiert, kommt im System das größte Gewicht zu, er kennzeichnet es geradezu. Mechanisiert werden durch ihn diejenigen Teilarbeiten die bei Handarbeitsverfahren die größten Zeitanteile beanspruchen.

Der besondere Vorteil der mobilen Lösung in Form der Processorarbeit wird vor allem in einer hohen technischen Arbeitsproduktivität bei niedrigen Stückkosten und mittleren Sachinvestitionen gesehen (GRAMMEL, 1976).

Die Processortechnologie hatte in den vergangenen Jahren deutliche Fortschritte zu verzeichnen. Vor allem konnte die Arbeitsweise erheblich vereinfacht werden. Als Trägerfahrzeug dient heute in der Regel ein schwerer Tragknickschlepper, der mit einem Hydraulikkran ausgerüstet ist sowie mit dem eigentlichen Entastungs- und Kappgerät. Der Vorwärtstransport des Holzes erfolgt mit Hilfe von Stachelrädern, Stachelbändern, Gummireifen usw., entastet wird mit Hilfe hydraulisch angepreßter, gekrümmter, sichelartiger Messer, die sich dem Stammumfang weitgehend anpassen. Ein Teil der Processoren verfügt über Sortenboxen, in denen einzelne Sorten gesammelt und gemeinsam abgelegt werden können.

Den technischen Eigenschaften entsprechend finden die Processoren ihre Verbreitung vor allem in Skandinavien und im östlichen und mittleren Kanada, sowie in der nördlichen Nadelwaldzone der UdSSR. Geerntet wird mit dieser Technik ausschließlich Nadelholz schwächerer, höchstens mittlerer Dimension. Die Sortenbildung beschränkt sich auf die drei Hauptsortimente Sägeholz, Industrieholz gesund und Industrieholz krank. Die Technik der Processoren gilt als ausgereift.

6.2.2 Processorverfahren, Variante A

(Aufarbeitung von schwächerem Holz in der ersten
zweiten, dritten Durchforstung)-----

6.2.2.1 Arbeitsverfahren, Leistung und Kosten beim Fällen und Aufarbeiten

Obwohl derzeit auch Fällablegemaschinen für die Durchforstung entwickelt werden, wird, da deren Praxisreife erst in einigen Jahren erwartet wird, vom Fällvorgang mit der leichten Motorsä-

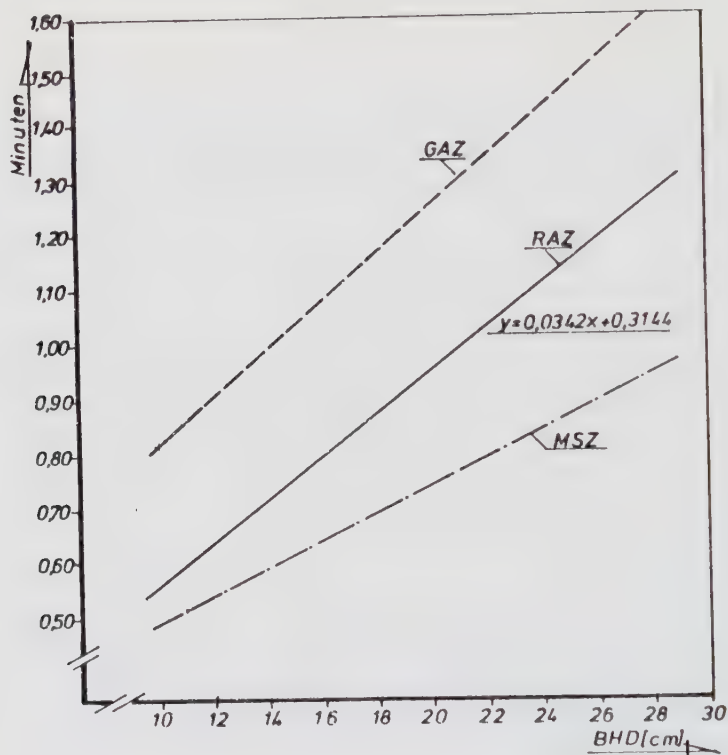
ge ausgegangen. Der Waldarbeiter muß hierbei mit der entsprechenden Schutzkleidung, Schutzhelm, Gehör- und Gesichtsschutz, Sicherheitsstiefeln und Arbeitshandschuhen ausgerüstet sein.

Im ersten Durchgang werden zunächst die auf der Rückegasse stehenden Bäume zu Fall gebracht, wobei eine 3,5 bis 4 m breite Arbeitsschneise entsteht. Anschließend werden die markierten Bäume in den Zwischenräumen zwischen den Rückegassen möglichst im rechten Winkel von diesen weggehend zu Fall gebracht. Da der anschließend auf der Rückegasse eingesetzte Processor, im Versuch ein KOCKUMS GP 822, nur Brusthöhendurchmesser bis 28 cm mit Rinde bewältigte, wurden stärkere Bäume in einem nachfolgenden Hieb in herkömmlicher Weise geernet.

Zeitbedarf, Arbeitsleistung und Kosten für den Fällvorgang wurden aus einer Zeitstudie von RIEGER (1979) übernommen und adaptiert. In Darst. 12 sind die Ergebnisse dargestellt und zwar Motorsägenzeit, die reine Arbeitszeit sowie die Gesamtarbeitszeit, also reine Arbeitszeit einschließlich der allgemeinen Zeiten.

Um zu den Kosten zu gelangen wurde ein Geldfaktor je Minute in Höhe von 17,04 Pf unterstellt, entsprechend dem EST 1980, sowie 10,50 Pf/min für die Motorsäge. Die Ergebnisse sind der Tabelle 15 zu entnehmen, getrennt aufgeführt für die erste, zweite und dritte Durchforstung.

Da ausschließlich der Fällschnitt durchgeführt und die Bäume in der Regel nicht zu Fall gebracht werden müssen, ist eine erstaunlich hohe Leistung zu verzeichnen. Sie schwankt zwischen



Darstellung: Motorsägenzeit, reine Arbeitszeit sowie die Gesamtarbeitszeit für Fällvorgang

6,60 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde bei den schwächeren Dimensionen und 10,7 Fm/Arbeitsstunde bei der stärksten Durchforstung, einem mittleren Brusthöhendurchmesser von 25 cm der Bodenklasse 1. Entsprechend niedrig können die Kosten angesetzt werden. Einschließlich Lohnnebenkosten streuen diese zwischen 2,40 DM und 3,90 DM/Fm ohne Rinde.

Tabelle 15: Leistung, Arbeitszeitbedarf und Kosten für Fällung
- Processor-Aufarbeitung -

Zingriffs- art	Jahres- kapazität	Boden- klasse	durchschn. BHD 1)	durchschn. Volumen 1)	Leistung	Zeitbedarf	Kosten o. LNK 2)	Kosten m. LNK	Kosten pro o. LNK	Kosten pro o. LNK	Kosten m. LNK	Kosten pro o. LNK	Kosten m. LNK
			cm	Pm o. R.	Pm o. R./Std	Stunden	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
1. Durch- forstung	20 000	3	16,0	0,05418	6,6	3 030,0	42.314	76.871	2,14	2,14	3,84		
		2	17,0	0,07245	7,1	2 317,0	39.804	71.467	1,99	1,99	3,57		
		1	18,0	0,09202	7,7	2 597,0	36.695	65.886	1,84	1,84	3,29		
2. Durch- forstung	30 000	3	19,0	0,11508	8,2	3 659,0	51.702	92.429	1,72	1,72	3,09		
		2	20,0	0,15113	8,6	3 488,0	49.285	88.490	1,64	1,64	2,95		
		1	21,0	0,18962	9,1	3 297,0	46.586	83.645	1,55	1,55	2,79		
3. Durch- forstung	40 000	3	21,0	0,19834	9,1	4 396,0	62.115	111.526	1,55	1,55	2,79		
		2	23,0	0,25575	10,0	4 000,0	56.520	101.480	1,41	1,41	2,54		
		1	25,0	0,32511	10,7	3 738,0	52.818	94.833	1,32	1,32	2,37		
End- 3) nutzung	50 000	3	34,0	0,79294	80,0	625,0	80.857	93.757	1,62	1,62	1,88		
		2	37,0	1,02131	92,0	543,5	70.313	81.530	1,41	1,41	1,63		
		1	40,0	1,41592	105,0	476,2	61.606	71.435	1,23	1,23	1,43		

1) auscheidender Bestand

2) LNK = Lohnnebenkosten 110 8

3) Variante "B" - "schwedisches Verfahren" (Feller-buncher KOCKUNGS 480)

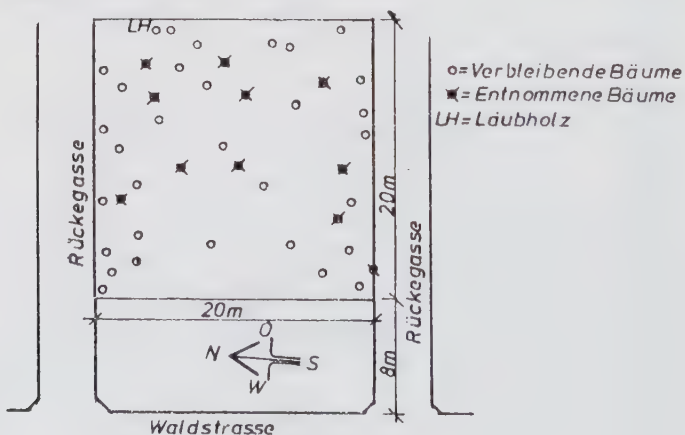
6.2.2.2 Verfahren, Zeitbedarf, Leistung und Kosten für Vorliefern, Entasten, Einschneiden und Sortieren

6.2.2.2.1 Variante A - Durchforstung

(KOCKUMS GALLRING PROCESSOR 822)

Entsprechend der Versuchsplanung, die davon ausging, daß diejenigen Elemente der einzelnen Systeme vom Verfasser selbst untersucht werden sollten, für die keine zuverlässigen Unterlagen vorhanden waren, wurde im März 1979 im Forstamt Wiesloch ein Arbeitsversuch mit einem KOCKUMS Durchforstungsprocessor des Typs GP 822 durchgeführt. Es handelte sich um einen ca. 70jährigen (61 bis 80 J.) Kiefernbestand mit im Durchschnitt 967 Bäume/ha.

Die Rückegassen wurden in einem Abstand von ca. 20 m angelegt und wiesen eine Breite von 3,5 bis 4,5 m auf (siehe Darst. 13). Insgesamt wurden bei dem Durchforstungseingriff 24,5 % des Bestandsvolumens entnommen.



Darstellung 13: Probefläche for den Einsatz des
Processors KOCKUMS GP 822

Das Gelände war praktisch eben. Der mittlere Brusthöhendurchmesser dieses Bestandes betrug 22 cm, die durchschnittliche Höhe ca. 21 m. Der mittlere Brusthöhendurchmesser des ausscheidenden Bestandes betrug 18,45 cm mit einer Streuung zwischen 10,0 und 32,0 cm. Der KOCKUMS-Gallrings-Processor 822 mit Ford-Dieselmotor (117 DIN-PS) ist auf einem Tragknickschlepper aufgebaut. Das mit der Motorsäge gefällte Holz wird einem 8,9 m langen Teleskoparm an die Maschine herangeführt. Entastet wird mit gekrümmten hydraulisch angepreßten Messern, gekappt mit einer Kettenschwingsäge.

Die Maschine arbeitet zunächst die in der Rückegasse liegenden Bäume auf und erfaßt anschließend die im Bestand bereits gefällten Bäume am dicken Ende und führt diese durch die Entastungs- und Kappeinrichtung. Am Teleskoparm befinden sich okulare Meßhilfen, die dem Maschinenführer ein relativ genaues Ablängen erlauben. Die Sortenbildung hängt von der Holzqualität, dem Holzdurchmesser und der Holzlänge ab. Im Versuch wurden 2,0 bzw. 2,5, 3,0, 3,5 und 4,0 m Längen mit einem Mindestzopfdurchmesser von 6,0 cm mit Rinde ausgehalten.

Der Arbeitszyklus des Processors ist durch folgende Arbeitsablaufabschnitte gekennzeichnet (ZIMMERMANN, 1978):

- Fahren auf der Rückegasse
- Einschwenken des Krans
- Ausfahren des Teleskoparms
- Erfassen des Stammfusses des gefällten Baumes
mit den beiden beweglich gelagerten Entastungsmessern
(ggf. zu Fall bringen und Heranziehen des Baumes)
- Erfassen des Baumfusses mit Haltearmen
- Entastung durch Einfahren des Teleskops

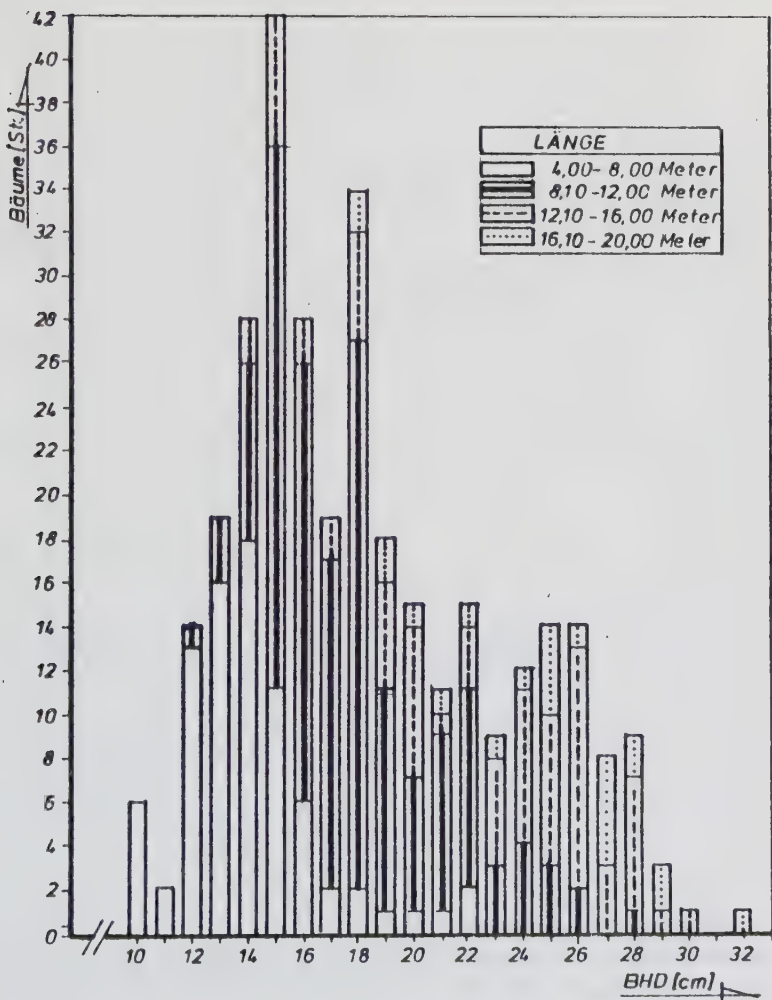
- Optische Vermessung und Sortentrennschnitt
- Wiederholung des Vorganges bis zum Zopfen
- Zurückschieben des Reisigs in den Bestand mit dem Teleskoparm

Im Versuch wurden 322 Bäume mit Hilfe von Zeitstudien erfaßt, dies entspricht einer Derbholzmasse von 73,39 Fm ohne Rinde.

Die Verteilung der Baumdimension bzw. des Brusthöhendurchmessers wird aus Darst. 14 ersichtlich, die auch die Derbholzlangenverteilung jeder BHD-Klasse abbildet. Die aufgenommene Gesamtzeit wurde aufgegliedert nach Maschinenzeit, Serienzeit und allgemeine Zeiten und jeweils in die Teilarbeiten gegliedert. Die Ergebnisse können Tabelle 16 entnommen werden.

Ermittelt wurde eine auf die reine Arbeitszeit bezogene Leistung von 1,00 Fm ohne Rinde/Stunde und eine Gesamtleistung von 8,70 Fm/Stunde bei, wie bereits erwähnt, einem mittleren Brusthöhendurchmesser von 18,45 cm

Maschinenarbeitszeit, reine Arbeitszeit und Gesamtarbeitszeit je Festmeter ohne Rinde werden in Darst. 15 dargestellt. Die starke Abhängigkeit der Leistung von der Stückmasse wird hier erneut ersichtlich. Offensichtlich erweisen sich hochmechanisierte Verfahren als streng abhängig von der Holzlänge und damit der Holzdimension.

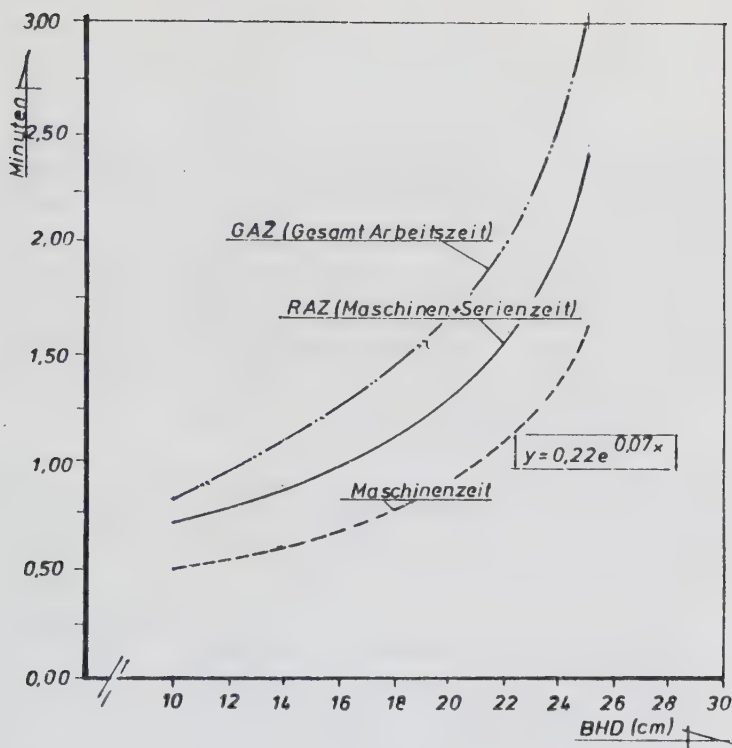


Darstellung 14: Verteilung von Baumdimension BHD und Derholzlängenverteilung jeder BHD-Klasse bei Processoraufbereitung (Processor GP 822)

Tabelle 16: Zeitstudien mit dem Processor GP 822 im Kiefer-Bestand (ca. 70 Jahre), Forstamt Wiesloch

Zeit	Teilarbeiten	Gesamtzeit (min)	%
Maschinenzeit (min)	Richten d. Krans	13,50	2,66
	Greifen	73,50	14,48
	Entasten	174,50	34,34
	Sägen	16,75	3,30
	Reisig Beseitig.	0,75	0,15
	Summe	278,75	54,93
	Zeit/Baum	0,87	55,06
Serienzeit (min)	Umsetzen	116,50	22,96
	Poltern	1,75	0,34
	Summe	118,25	23,30
	Zeit/Baum	0,37	23,42
RAZ (min)	Summe	397,00	78,23
	Zeit/Baum	1,23	77,85
Allgem. Zeit (min)	Verteilzeit Sachlich	21,50	4,24
	Verteilzeit Personal	89,00	17,54
	Summe	110,50	21,77
GAZ (min)	Summe	507,50	100,00
	Zeit/Baum	1,58	100,00

Um auf der Basis dieser Zeitwerte die Kosten zu ermitteln wurden Unterlagen von RIEGER und PFEIL (1978) verwendet. Der Fahrerlohn wurde mit 40,00 DM/Stunde einschließlich Lohnnebenkosten, die Maschinenkosten mit 110,34 DM/Stunde angesetzt, wobei hierbei auf die Abschreibung 46,67 DM, auf Reparaturen ebenfalls 46,67 DM = 100 % der Abschreibung, auf die Zinskostenbelastung 7,00 DM/Stunde und auf Betriebsstoffe 10,00 DM/Stunde entfallen.



Darstellung 15: Zeitbedarf je Baum in Abhängigkeit von der Dimension (BHD, Länge)

Auf dieser Basis errechnen sich Leistungen und Kosten wie in Tabelle 17 dargestellt. Die Leistung nimmt, beginnend bei Bodenklasse 3 und einem Brusthöhendurchmesser von 16,0 cm von 6,64 Fm ohne Rinde/Stunde auf 10,38 Fm/Stunde bei Bodenklasse 1 und 25 cm Brusthöhendurchmesser zu. Entsprechend sinken die Kosten von 22,64 DM/Fm ohne Rinde bei den schwächsten Durchmessern auf 14,49 DM/Fm ohne Rinde bei den stärksten Dimensionen der Durchforstung.

Tabelle 17: Leistung, Zeitbedarf und Kosten für hochmechanisierte
Processoraufarbeitung, mobil

Eingriffs- art	Jahres- kapazität	Boden- klasse	durchschn. BMD	1)	durchschn. Volumen	Leistung	Zeitbedarf	Kosten o. LNK 2)	Kosten m. LNK	Kosten pro o. R. o. LNK	Kosten pro o. R. m. LNK
	Fm o. R.		cm		Fm o. R.	Stunden	DM	DM	DM	DM	DM
1. Durch- forstung	20 000	3	16,0		0,05418	6,64	3 012,0	389.723	452.824	19,49	22,64
		2	17,0		0,07245	7,57	2 642,0	341.848	397.190	17,09	19,86
		1	18,0		0,09202	8,36	2 392,0	309.501	359.613	15,48	17,98
2. Durch- forstung	30 000	3	19,0		0,11508	9,01	3 330,0	430.869	500.632	14,36	16,69
		2	20,0		0,15113	10,00	3 000,0	388.170	451.020	12,94	15,03
		1	21,0		0,18962	10,38	2 890,0	373.938	434.483	12,47	14,49
3. Durch- forstung	40 000	3	21,0		0,19834	10,38	3 854,0	498.669	579.410	12,47	14,49
		2	23,0		0,25575	10,24	3 906,0	505.693	587.228	12,64	14,68
		1	25,0		0,32511	9,15	4 372,0	565.693	657.286	14,14	16,43
End- 3) nutzung	50 000	3	34,0		0,79294	39,00	1 282,1	187.353	213.816	3,75	4,28
		2	37,0		1,02131	43,10	1 160,1	169.526	193.470	3,39	3,87
		1	40,0		1,27592	46,90	1 066,1	155.789	177.794	3,12	3,56

1) ausschließender Bestand

2) LNK = Lohnnebenkosten = 110 %

3) Variante "g" - "schwedisches Verfahren" (Processordruckung 850)

6.2.2.3 Rücken von der Rückegasse zur Waldstraße

Im eigenen Versuch wurde ein relativ kleiner Rückezug mit der Typenbezeichnung Ödbjörn Domän 574 eingesetzt. Dieser wurde für schmale Rückegassen entwickelt und eignet sich für den Einsatz in der Durchforstung. Angetrieben wird dieser sogenannte Forwarder von einem PERKINS-D-25-Motor mit 35 kW über ein mechanisches Viergang-Traktorgetriebe. Die Ladefläche ist um 70 cm verlängert, unter dieser befindet sich eine Tandemachse mit niedrigem Schwerpunkt und Seitenstabilisierung. Die Breite beträgt 2,20 m.

Die entsprechenden Zeitstudien zur Bestimmung der Leistung und der Kosten wurden von RIEGER (1979) durchgeführt. Die Sortimente wie Profilspannerholz, Industrieholz usw. wurden getrennt gerückt, was sich allerdings auf die Leistung nur geringfügig mindernd auswirkte.

Das Ergebnis der Zeitstudien ist in Tabelle 18 festgehalten.

Die Kosten wurden ebenfalls nach RIEGER und PFEIL (1978) ermittelt. Sie setzen sich wie folgt zusammen: Maschinenarbeitskosten 59,75 DM, Fahrerlohn 35,-- DM einschließlich Lohnnebenkosten. Auf dieser Basis wurde die Tabelle 19 erstellt, die sowohl die Leistung enthält, als auch den Arbeitszeitbedarf je Festmeter ohne Rinde und die entsprechenden Kosten.

Die Rückeleistung liegt bei 6,83 Fm ohne Rinde/Maschinenarbeitsstunde, die Kosten einschließlich Lohnnebenkosten des Fahrers bei knapp 14,-- DM/Fm ohne Rinde.

Tabelle 18: Ablaufabschnitte Rücken - Zeitbedarf je Fahrt für
Tragrickschlepper Ödbjörn (nach RIEGER, 1979)
- Processoraufarbeitung - Durchforstung -

Ablaufabschnitte	Leerfahrt	Beladen Sammel- fahrt	Sammel- fahrt	Last- fahrt	Abladen	RAZ				GAZ	
						Min/ Fahrt	Min/ Fm o.R.	Fm o.R./ Stunde	Min/ Fahrt	Min/ Fm o.R.	Fm o.R./ Stunde
Zeit Min.	1,35	19,98	4,05	1,20	7,95	34,53	6,59	9,10	46,04	8,79	6,83
§	2,93	43,40	8,80	2,60	17,27	75,00	-	-	100,00	-	-

Tabelle 19: Leistung, Zeitbedarf und Kosten für Rücken
mit Tragrickschlepper ödbjörn

Jahres- kapazität Fm o.R.	Leistung Fm o.R./Std.	Zeit- bedarf Std.	Arbeiterkosten		Maschinen- kosten DM	Gesamtkosten		Gesamtkosten/Fm o.R.	
			ohne LNK DM	mit LNK (110 %) DM		ohne LNK DM	mit LNK (110 %) DM	ohne LNK DM	mit LNK (110 %) DM
20 000	6,83	2 928	48.810	102.480	174.948	223.758	277.428	11,19	13,87
30 000	6,83	4 392	73.215	153.720	262.422	335.637	416.142	11,19	13,87
40 000	6,83	5 887	97.626	204.995	349.956	447.592	554.951	11,19	13,87
50 000	6,83	7 321	122.041	256.235	437.430	559.471	693.665	11,19	13,87

6.2.2.4 Transport des Holzes vom Waldlagerplatz zur Industrie

Da dasselbe Sortiment wie bei Verfahren 1 transportiert wird, nämlich sogenannte Blochlängen, kann bei der Kalkulation der Transportphase von denselben Grundlagen ausgegangen werden (BUTORA, 1978) wie im konventionellen Sortenverfahren. Verwendet wird ein Lastkraftwagen mit heckmontiertem Ladekran und Anhänger. Das zulässige Gesamtgewicht betrug bei BUTORA (Schweiz) allerdings nur 28 t. Die sich hieraus errechnenden Leistungen und Kosten können deshalb als untere bzw. obere Grenze angesehen werden. Unterstellt wird Transport im Nahverkehr, also in einem Raum mit 30 km Halbmesser.

Aus Tabelle 07 und Darst. 10 (Verfahren 1, Ziffern 6.1.4) können die Ergebnisse entnommen werden. Bei einem LKW-Gewicht von 8,5 t, einem Gewicht des Ladekrans und des Anhängers von 2,0 bzw. 3,5 t weist das Fahrzeug eine Nutzlast von 14 t auf. Tatsächlich wurden zwischen 13,4 und 20,1 Fm mit Rinde geladen.

An Kosten wurden für den gesamten Lastzug 73,34 DM/Stunde unterstellt, wobei der Fahrerlohn 23,11 DM/Stunde beanspruchte.

Im übrigen wird auf die unter Ziffer 6.1.4 ausgewiesenen Werte verwiesen.

6.2.3 Processorverfahren - Variante B

Mittelstarkes Holz in der Endnutzung (Kahlschlag)

6.2.3.1 Versuchs- und Verfahrensbeschreibung

Der Verfasser führte zu diesem Verfahren eigene Zeitstudien durch. Maschinen und Versuchsflächen stellte die schwedische Firma SVENSKA CELULOSA (SCA im Raum TORPSHAMMAR, Nordschweden) zur Verfügung.

Beim Versuchsbestand handelte es sich um einen Primärwald ohne vorhergehende Durchforstungen in der Zusammensetzung Kiefer 1 %, Fichte 78 %, Birke und Aspe 21 %. Die Kiefer wies einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 25 cm mit Rinde, die Fichte von 16,6 cm mit Rinde und das Laubholz von 19,2 cm mit Rinde auf. Die Mittelhöhen betrugen bei Kiefer 21,0 m, bei Fichte 16,1 m und beim Laubholz 18,4 m. Die durchschnittliche Stückmasse betrug entsprechend bei der Kiefer 0,38 Fm ohne Rinde/Baum, bei Fichte 0,18 Fm/Baum, bei Laubholz 0,19 Fm/Baum. Die Baumzahl wurde mit 1383 ha ermittelt.

Folgende Sortimenten wurden ausgehalten:

Kiefer:	Sägeholz 62,5 %, Industrieholz 37,5 %
Fichte:	Sägeholz 38,4 %, Industrieholz 61,6 %
Laubholz:	Sägeholz 0 %, Industrieholz 100 %

Die Hangneigung war flach, zwischen 0 und 10 %. Die Bodenoberfläche wies die für Skandinavien typische Struktur auf mit einem dauernden Wechsel zwischen runden, nicht bewachsenen Felsbrocken und Mineralbodenpartien. Beim Befahren brachte dies erhebliche Schwierigkeiten mit sich.

Dieses sogenannte Schwedische Verfahren wurde von Großbetrieben für die Kahlflächennutzung entwickelt. Es besteht aus vier Elementen, dem Feller-Buncher (Fäller-Leger) mit dem die Bäume vom Stock getrennt und in Streifen bündelweise abgelegt werden. Als zweite Maschine wird ein sogenannter Processor eingesetzt, mit dem die Bäume entastet, in Sortimente gekappt und diese nach Gebrauchsklassen sortiert werden. Nach dem Processor wird das Holz sortimentsweise mit Forwardern (Rücke-/Tragknickschlepper) vom Aufarbeitungsort an den Rand der Waldstraße gerückt. Von dort aus erfolgt der Abtransport in der vierten Phase mit Hilfe von Großraum-LKW's zur Industrie bzw. zum Verladeplatz an der Eisenbahn. Krone, Äste und sonstiger Abfall bleiben auf der Schlagfläche zurück. Entrindet wird allerdings in der Industrie mit stationären Entrindungsanlagen. Die Rinde findet Verwendung zur Energieerzeugung.

6.2.3.2 Der Fällvorgang

Die Versuche wurden mit einer selbstfahrenden Fällmaschine des Typs KOCKUMS 880 durchgeführt. Der an einem hydraulischen Arm befindliche, mit einer Kettensäge versehene Fällkopf wird am Baum positioniert, dieser vom Stock getrennt, in aufrechter Haltung über das Bündel geführt und dort abgelegt. Das Gewicht der Maschine beträgt 15000 kg.

Derartige Fällmaschinen sind im Bereich der SCA seit 6 Jahren eingesetzt. 70 % des Holzes werden mit diesen Aggregaten geerntet. Der Rest entfällt auf Motorsägenfällung.

Im Rahmen der Zeitstudien wurden 1305 Bäume erfaßt. Die Daten sind in Tabelle 20 aufgeführt. Als Zeitstudienmethode wurde die Multimomenttechnik gewählt.

Tabelle 20: Ergebnisse der Zeitstudien mit
Feller-buncher KOCKUMS 880
- Processorverfahren - Variante B - Endnutzung -

Zeitarstrn	Minuten	%
Zeitstudie		
Allgemeine Zeit		
Sachlich 1/100 min	147,95	19,08
Personal	10,00	1,29
Summe	157,95	20,37
Serienzeit		
Umsetzen	150,25	19,38
Summe	150,25	19,38
Maschinenarbeitszeit		
Greifen 1/100 min	145,00	18,70
Absägen	161,25	20,79
Ablegen	161,00	20,76
Summe	467,25	60,25
Reine Arbeitszeit (RAZ) 1/100 min	617,50	79,63
Gesamtarbeitszeit (GAZ) 1/100 min	775,45	100,00
Kontrollzeit 1/100 min	777,60	-
Fehler %	- 0,28	-
Bezugsdat.		
Baumzahl		
Insgesamt	1.305	-
pro Stunde RAZ	126,80	-
pro Stunde GAZ	100,97	-
Gesamtvolumen Fm o.R.	434,22	-
Leistung		
in bezug auf		
Fm o.R./Std. RAZ	42,19	-
Fm o.R./Std. GAZ	33,60	-

Die Brusthöhendurchmesser-Verteilung erstreckt sich auf einen Bereich zwischen 7,0 und 46,0 cm mit Rinde, im Mittel wurden 22 cm mit Rinde gemessen. Die Brusthöhendurchmesser-Verteilung ist aus Darst. 16 zu ersehen.

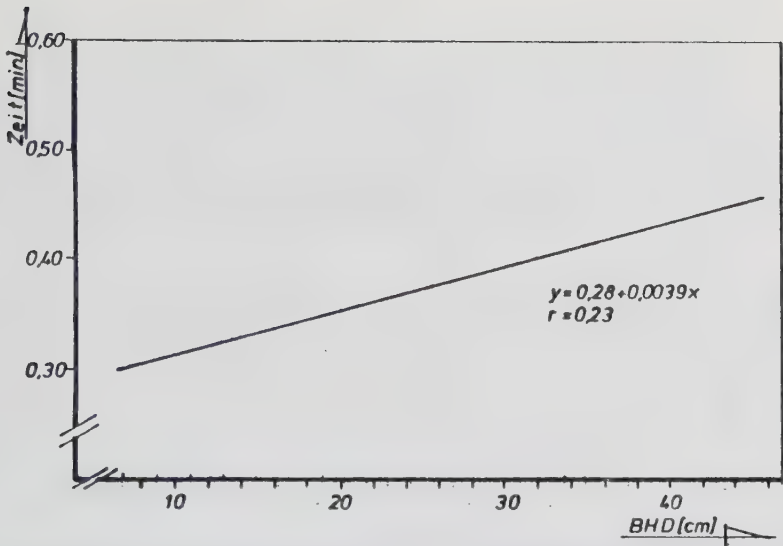
Im Versuch wurden 20,37 % allgemeine Zeiten ermittelt. Diese liegen niedriger als im Durchschnitt, für den die SCA anhand von Jahres-Auswertungen 30 % angibt.

6.2.3.2.1 Leistungen, Kosten der Fällmaschine

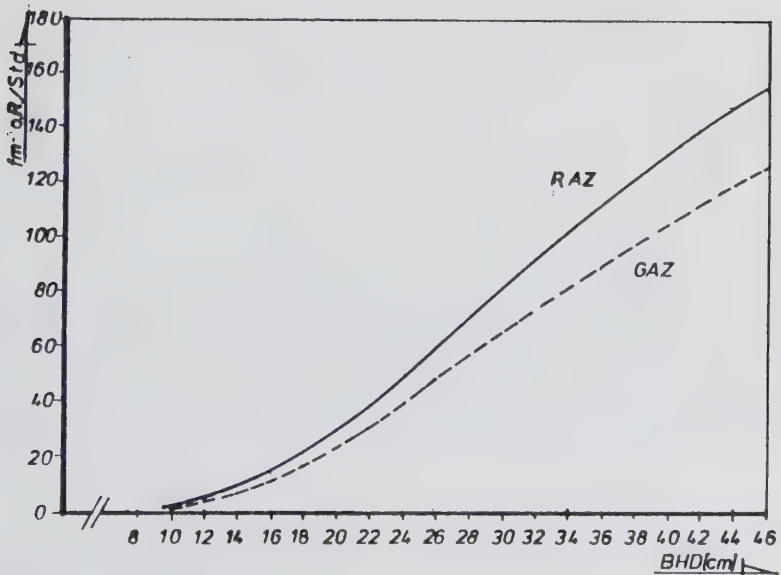
Mit Hilfe von Zeitstudien wurden die allgemeinen Zeiten, d. h. die persönlichen und sachlichen Verteilzeiten, die Serienzeiten (Umsetzung) und die Maschinenzeiten (Greifen, Sägen und Ablegen) ermittelt. Mit den in Darst. 16 zu entnehmenden Werten zuzüglich der Serienzeit kann in Abhängigkeit vom Volumen/Baum bzw. der Baumzahl/Fm ohne Rinde die Leistung hergeleitet werden (Darstellung 17, Tabelle 21).

Als Basis der Kostenkalkulation wurden schwedische Werte benutzt, die im Rahmen einer Umfrage ermittelt wurden. Unter anderem wurden folgende Werte unterstellt:

Anschaffungspreis:	272.000 DM
Restwert der Abschreibung:	15 % vom Anschaffungspreis
Normale Nutzungsdauer:	10000 Maschinenarbeitsstunden
Normale jährl. Nutzungszeit:	2000 Maschinenarbeitsstunden
Faktor für Reparatur und Wartung:	0,68 bis 0,75 der Abschreibung
Kraftstoffverbrauch:	23 l/Maschinenarbeitsstunde



Darstellung 16: Zeitbedarf bzw. Maschinenzeit je Baum für Fällen und Ablegen mit dem Feller-buncher KOCKUMS 880



Darstellung 17: Leistung (Fm o.R./Stunde) für Fällen und Ablegen mit dem Feller-buncher KOCKUMS 880 im Kahlschlag (Endnutzung)

Tabelle 21: Leistung (Fm o.R./Std.) für Füllen und Ablegen mit dem Feiler-buncher KOCKUMS 880

BHD cm	Volumen/ Fm o.R.	Baumzahl/ Fm o.R.	Zeit/Baum Maschinenzeit min 1/100	Maschinenzeit/ Fm o.R. min	Serienzeit/ Fm o.R. min	RAZ/ Fm o.R. min	Allgemeinzeit/ Fm o.R. min	GAZ/ Fm o.R. min	Leistung	
									auf RAZ	auf GAZ
									Fm o.R./Std	Fm o.R./Std
7,0	0,00645	155,00	0,31	48,10	15,50	53,60	15,90	79,50	0,9434	0,7547
8,0	0,00955	104,70	0,31	32,40	10,40	42,80	10,70	53,50	1,4019	1,1215
9,0	0,01265	79,10	0,32	25,30	8,10	33,40	8,40	41,80	1,7964	1,4354
10,0	0,01682	59,40	0,32	19,00	6,10	25,10	6,30	31,40	2,3904	1,9108
11,0	0,02124	44,60	0,32	14,30	4,60	18,90	4,70	23,60	3,1746	2,5424
12,0	0,02780	36,00	0,33	11,90	3,80	15,70	3,90	19,60	3,8216	3,0612
13,0	0,04087	24,50	0,33	8,10	2,60	10,70	2,70	13,40	5,6075	4,4776
14,0	0,05769	17,30	0,33	5,70	1,80	7,50	1,90	9,40	8,0000	6,3830
15,0	0,08413	11,90	0,34	4,00	1,30	5,30	1,30	6,60	11,3028	9,0910
16,0	0,10575	9,50	0,34	3,20	1,00	4,20	1,00	5,20	14,2857	11,5385
17,0	0,13200	7,60	0,35	2,70	0,87	3,60	0,90	4,50	16,6667	13,3333
18,0	0,16586	6,00	0,35	2,10	0,68	2,80	0,70	3,50	21,4286	17,1428
19,0	0,20433	4,90	0,35	1,70	0,55	2,20	0,55	2,80	27,2727	21,4286
20,0	0,23317	4,30	0,36	1,50	0,48	2,00	0,50	2,50	30,0000	24,0000
21,0	0,27634	3,60	0,36	1,30	0,42	1,70	0,42	2,10	35,2941	28,5714
22,0	0,31250	3,20	0,37	1,20	0,39	1,60	0,40	2,00	37,5000	30,0000
23,0	0,35337	2,80	0,37	1,00	0,32	1,30	0,32	1,60	46,1538	37,5000
24,0	0,39663	2,50	0,37	0,92	0,30	1,20	0,30	1,50	50,0000	40,0000
25,0	0,44231	2,30	0,38	0,87	0,28	1,20	0,30	1,50	50,0000	40,0000
26,0	0,48558	2,00	0,38	0,76	0,24	1,00	0,25	1,20	50,0000	40,0000
27,0	0,54606	1,80	0,38	0,68	0,22	0,90	0,22	1,10	54,5454	44,5454
28,0	0,58403	1,70	0,39	0,66	0,21	0,87	0,22	1,10	68,9655	54,5454
29,0	0,61538	1,60	0,39	0,62	0,20	0,82	0,20	1,00	93,1707	60,0000
30,0	0,68510	1,50	0,40	0,60	0,19	0,79	0,20	1,00	75,9494	60,0000
31,0	0,73558	1,40	0,40	0,56	0,18	0,74	0,18	0,92	81,0811	65,2174
32,0	0,79327	1,30	0,40	0,52	0,17	0,69	0,17	0,86	86,9565	69,7674
33,0	0,86780	1,20	0,41	0,49	0,16	0,65	0,16	0,81	92,3077	74,0741
34,0	0,94425	1,10	0,41	0,45	0,14	0,59	0,15	0,74	101,6949	81,0811
35,0	0,94712	1,00	0,42	0,42	0,14	0,56	0,14	0,70	107,1428	85,7143
36,0	1,00481	1,00	0,42	0,42	0,14	0,56	0,14	0,70	107,1428	85,7143
37,0	1,06250	0,94	0,42	0,39	0,12	0,51	0,13	0,64	117,6470	93,7500
38,0	1,12019	0,89	0,43	0,38	0,12	0,50	0,12	0,62	120,0000	96,7742
39,0	1,17768	0,85	0,43	0,36	0,12	0,48	0,12	0,60	125,0000	100,0000
40,0	1,23317	0,81	0,44	0,36	0,12	0,48	0,12	0,60	133,3333	107,1429
41,0	1,28846	0,78	0,44	0,34	0,11	0,45	0,11	0,56	147,8571	115,3846
42,0	1,34375	0,74	0,44	0,32	0,10	0,42	0,10	0,52		

Hieraus errechnen sich Maschinenkosten in Höhe von 110,62 DM/Maschinenarbeitsstunde für die Maschine. Für den Fahrer wurden 18,75 DM ohne Lohnnebenkosten und 39,39 DM einschließlich dieser unterstellt.

Leistung und Maschinenkosten führen zu den in Tabelle 22 dargestellten Kosten, die zudem in Abhängigkeit von unterschiedlichen Jahreskapazitäten kalkuliert wurden.

6.2.3.3 Aufarbeitung mit dem Processor

Die Zeitstudien wurden an einem Processor des Typs KOCKUMS 850 durchgeführt, im übrigen auf derselben Kahlfläche, auf der die fahrbare Fällmaschine eingesetzt war.

Bei dem Processor KOCKUMS 850 handelt es sich um eine geländegängige Aufarbeitungsmaschine mit der entastet, in Blochlängen gekappt und sortiert wird. Die Maschine hat eine Rahmensteuerung und Allradantrieb (sechs Antriebsräder). Das Entastungsaggregat besteht aus einem Teleskoparm und der Entastungseinheit, gekrümmten, hydraulisch angepreßten Messern. Das Aggregat kann mit zwei untereinander austauschbaren Meß- und Steuersystemen ausgerüstet werden, die Maschine wiegt insgesamt 22000 kg, der Motor leistet 173 DIN-PS.

Derartige Processoren werden von der SCA seit 1970 eingesetzt. Heute werden 77 % der gesamten Holzernte mit Hilfe dieser Maschinen durchgeführt.

Tabelle 22: Kosten und Zeitbedarf für Fällen und Ablegen mit dem Feller-buncher "KOCKUMS 880" für Endnutzung

Jahres- kapazität	Boden- klasse	durchschn. BHD	durchschn. Volumen	Leistung	Zeitbedarf	Kosten o. LNK 2)	Kosten m. LNK	Kosten pro Fm o.R. o. LNK	Kosten pro Fm o.R. m. LNK
Fm o. R.		cm/Baum	Fm o. R./Baum	Fm o. R./Std	Stunde	DM	DM	DM	DM
20 000	3	34,0	0,79294	80,0	250,0	32.343	37.503	1,62	1,88
	2	37,0	1,02131	92,0	217,4	28.125	32.612	1,41	1,63
	1	40,0	1,27592	105,0	190,5	24.645	28.577	1,23	1,43
30 000	3	34,0	0,79294	80,0	375,0	48.514	56.254	1,62	1,88
	2	37,0	1,02131	92,0	326,1	42.187	48.918	1,41	1,63
	1	40,0	1,27592	105,0	285,7	36.961	42.858	1,23	1,43
40 000	3	34,0	0,79294	80,0	500,0	64.685	75.005	1,62	1,88
	2	37,0	1,02131	92,0	434,8	56.251	65.225	1,41	1,63
	1	40,0	1,27592	105,0	381,0	49.290	57.154	1,23	1,43
50 000	3	34,0	0,79294	80,0	625,0	80.857	93.757	1,62	1,88
	2	37,0	1,02131	92,0	543,5	70.313	81.530	1,41	1,63
	1	40,0	1,27592	105,0	476,2	61.506	71.435	1,23	1,43

1) ausscheidender Bestand

2) LNK = Lohnnebenkosten 110 %

Die Zeitstudien wurden im Multimomentverfahren durchgeführt, ermittelt wurden Zeitbedarfswerte bei 941 Bäumen. Die Ergebnisse sind, aufgeschlüsselt nach Teilarbeiten in Tabelle 23 zusammengestellt. Pro Stunde betrug die Gesamtarbeitsleistung 28,374 Fm ohne Rinde.

Der Vorteil der Processortechnik besteht darin, daß gleichzeitig zwei Arbeiten durchgeführt werden können. Sobald der Baum von den Vorschubwalzen erfaßt ist, erfolgt die weitere Bearbeitung, d. h. das Entasten und Kappen automatisch, wobei der Fahrer allerdings darauf achten muß, ob das Holz faul oder gesund ist. Diese Entscheidung muß der Maschine eingegeben werden um den Sortiervorgang entsprechend zu steuern.

6.2.3.3.1 Zeitbedarf und Kosten der Processoraufarbeitung (Endnutzung)

Darst.18 stellt die Leistung des Prozessors in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser dar, wobei sowohl die reine Arbeitszeit (RAZ) wie auch die Gesamtarbeitszeit aufgeführt ist. Um zu den entsprechenden Stückkosten zu gelangen, wurde ebenfalls wie bei der selbstfahrenden Fällmaschine, eine Umfrage im Bereich der SCA durchgeführt. Aus dem Fragebogen konnten folgende Durchschnittswerte entnommen werden:

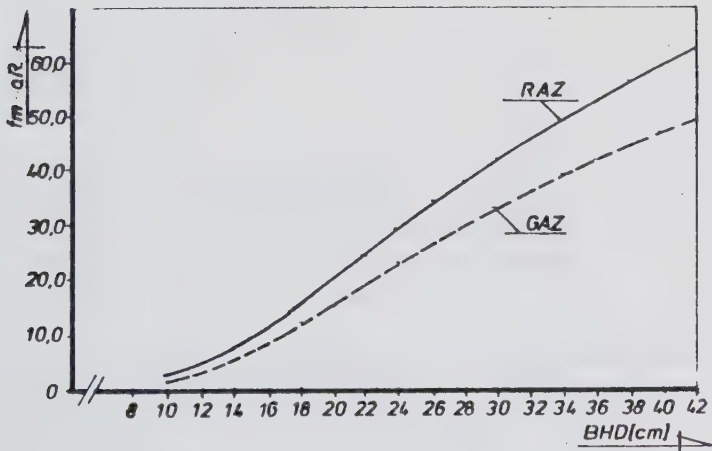
Anschaffungspreis:	460.900 DM
Abschreibungsrestwert:	15 % des Anschaffungspreises
Normale Nutzungsdauer:	10000 Maschinenarbeitsstunden
Normale jährliche Nutzung:	2000 Maschinenarbeitsstunden
Faktor für Reparaturen und Wartung:	0,68 bis 0,75 der Abschreibung
Kraftstoffverbrauch:	23 l/Arbeitsstunde

Tabelle 23: Ergebnisse der Zeitstudien mit dem
Processor "KOCKUMS 850"
(Entasten, Sortieren und Einschneiden)

Zeitstudie			%
Allgemeine Zeit (AZ)	1/100 min		
Sachlich		45,75	6,77
Personell		5,50	0,81
Summe		51,25	7,58
Serienzeit (SZ)	1/100 min		
Umsetzen		109,25	16,17
Poltern		3,75	0,55
Reisig Beseitigung		44,00	6,51
Summe		157,00	23,23
Maschinenzeit (MS)	1/100 min		
Greifen		137,25	20,31
Entasten		278,00	41,14
Sägen		46,75	6,92
Rest		5,50	0,81
Summe		467,50	69,18
Reine Arbeitszeit (RAZ)	1/100 min	624,50	92,42
Gesamtarbeitszeit (GAZ)	1/100 min	675,75	100,00
Kontrollzeit	1/100 min	674,95	
Fehler %		+ 0,119	-
Bezugsdat.			
Baumzahl			
Insgesamt		941	-
pro Stunde RAZ		90,4	-
Pro Stunde GAZ		83,6	-
Gesamtvolumen Fm o.R.		319,58	-
Leistung in bezug auf			
Fm o. R./Std. RAZ		30,70	-
Fm o. R./Std. GAZ		28,37	-

Dies führt zu Maschinenkosten in Höhe von 127,38 DM/Maschinenarbeitsstunde zuzüglich des Fahrers mit 39,39 DM einschließlich Lohnnebenkosten.

Tabelle 24 enthält die entsprechenden Leistungen und Stückkosten bei Brusthöhendurchmessern, die denjenigen der in der Plantagenendnutzung anfallenden Holzdimension entsprechen. Es werden Leistungen zwischen 39 und 47 Fm ohne Rinde/Stunde erzielt, dies entspricht Festmeterkosten zwischen 3,60 DM und 4,30 DM.



Darstellung 18: Leistung (Fm o.R./Std.) bei
Processoraufarbeitung mit "KOCKUMS 850"

Tabelle 24: Kosten und Arbeitszeitbedarf für den Processor "KOCKUMS 850"
(Entasten, Sortieren, Einschneiden) für Endnutzung (Kahlschlag)

Jahres- kapazität Fm o. R.	Boden- klasse	durchschn. BHD cm/Baum 1)	durchschn. Volumen Fm o. R./Baum	Leistung Fm o. R./Std	Zeitbedarf Stunde	Kosten o. LNK 2)		Kosten pro Fm o. R. o. LNK		Kosten pro Fm o. R. m. LNK DM	
						DM	DM	DM	DM	DM	DM
20 000	3	34,0	0,79294	39,0	512,8	74.935	85.519	3,75	3,75	4,28	4,28
	2	37,0	1,02131	43,1	464,0	67.804	77.381	3,39	3,39	3,87	3,87
	1	40,0	1,27592	46,9	426,4	62.310	71.111	3,12	3,12	3,56	3,56
30 000	3	34,0	0,79294	39,0	769,2	112.404	128.280	3,75	3,75	4,28	4,28
	2	37,0	1,02131	43,1	696,1	101.721	116.088	3,39	3,39	3,87	3,87
	1	40,0	1,27592	46,9	639,7	93.479	106.683	3,12	3,12	3,56	3,56
40 000	3	34,0	0,79294	39,0	1025,6	149.871	171.039	3,75	3,75	4,28	4,28
	2	37,0	1,02131	43,1	928,1	135.623	154.779	3,39	3,39	3,87	3,87
	1	40,0	1,27592	46,9	852,9	124.634	142.238	3,12	3,12	3,56	3,56
50 000	3	34,0	0,79294	39,0	1282,1	187.353	213.816	3,75	3,75	4,28	4,28
	2	37,0	1,02131	43,1	1160,1	169.526	193.470	3,39	3,39	3,87	3,87
	1	40,0	1,27592	46,9	1066,1	155.789	177.794	3,12	3,12	3,56	3,56

1) ausschheidender Bestand

2) LNK = Lohnnebenkosten 110 §

6.2.3.4 Das Rücken mit dem Tragknick-/Rückeschlepper

Die Versuche wurden mit einem Tragschlepper (Forwarder) VOLVO SM 868 durchgeführt und zwar unter denselben Arbeitsbedingungen wie die parallel laufenden Zeitstudien bei der Fällmaschine und beim Processor.

Das Gewicht des Schleppers beträgt 14,2 t, das Fahrzeug ist mit einem VOLVO D-50 Dieselmotor mit 142 DIN-PS ausgestattet. Auf der Ladefläche, die von einer Doppelpendelachse getragen wird, kann sowohl Stammholz als auch Faserholz in Bloch- bzw. kurzen Längen transportiert werden.

Derartige Forwarder sind bei der SCA seit 1970 im Einsatz. Gerückt wird von ihnen mehr als 80 % des Gesamtholzanfalls.

Der Arbeitsablauf gliedert sich wie folgt: Nachdem die von den Processoren bereitgelegten Rohpolter erreicht sind (Leerfahrt), wird die Ladefläche mit dem Hydraulikkran beladen. Es folgt die Lastfahrt zur LKW-tragfähigen Waldstraße, dort wird am Rand der Straße sortimentsweise das Holz gestapelt.

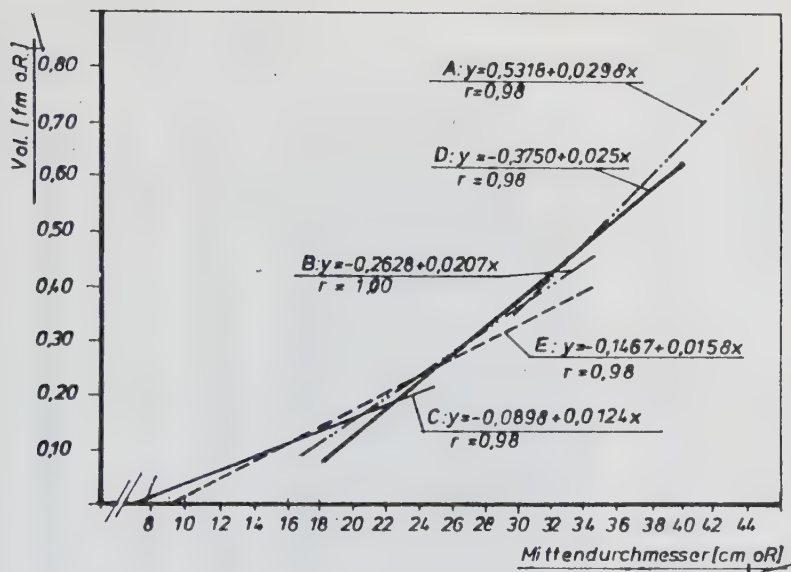
Tabelle 25 enthält die Ergebnisse der Zeitstudien mit einem Tragknick-/Rückeschlepper.

Die durchschnittliche Rückedistanz betrug im Versuch 150 m, bei einem Minimum von 50 und einem Maximum von 280 m. Mit Hilfe der Ermittlung des durchschnittlichen Mittendurchmessers und der mittleren Länge konnte die je Rückevorgang transportierte Holzmenge exakt bestimmt werden. Hierbei bot es sich an, eine spezielle Untersuchung bezüglich der Maßgenauigkeit der Längenaushaltung durchzuführen. Diesem Aspekt kommt besondere Bedeutung im Hinblick auf die verfahrensspezifische Holzausbeute zu. (Vgl. Darst. 19, 20 als Bsp.)

Tabelle 25: Ergebnisse der Zeitstudien mit dem Tragschlepper "VOLVO SM 868"

Zeitarten		Minuten	%
Zeitstudie	Allgemeine Zeit 1/100 min		
	Sachlich	48,75	8,38
	Personal	1,50	0,26
	Summe	50,25	8,64
	Maschinenzeit 1/100 min		
	Leerfahrt	58,30	10,02
	Beladen	199,95	34,36
	Zwischenfahrt	79,05	13,58
	Lastfahrt	45,90	7,89
	Abladen	119,55	20,54
	Zwischenfahrt	24,65	4,23
	Stamm-Manipulation	4,30	0,74
	Summe (RAZ)	531,70	91,36
	Gesamtarbeitszeit (GAZ) 1/100 min	581,95	100,00
	Kontrollzeit	581,60	-
	Fehler	+ 0,06	-
	Anzahl der Fahrten	21,0	-
	Zeitbedarf/Fahrt (min) min		
Bezugsdat.	auf RAZ	25,3	-
	auf GAZ	27,7	-
	Volumen		
	Insgesamt Fm m. R.	169,06	-
	pro Fahrt Fm m. R.	8,05	-
Leistung	Insgesamt Fm o. R.	138,63	-
	pro Fahrt Fm o. R.	6,60	-
	in bezug auf		
	auf RAZ	15,65	-
	auf GAZ	14,30	-
	auf GAZ ¹⁾	11,74	-

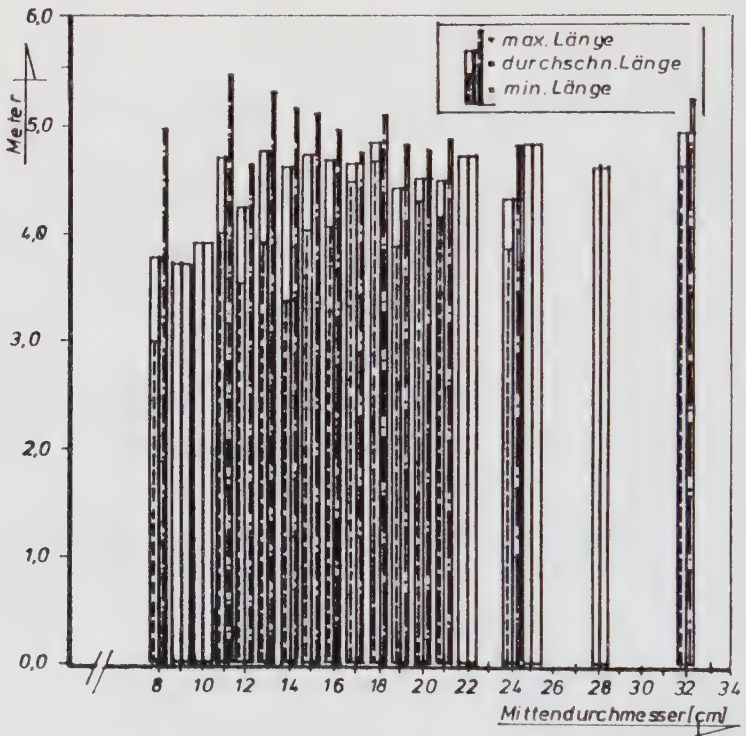
¹⁾ Allgemeinzeit = 25 % der Gesamtzeit



Legende

- A = Fichte Schälholz
- B = Fichte Sägeholz
- C = Fichte Industrieholz
- D = Kiefer Sägeholz
- E = Kiefer Industrieholz (Sulfat)

Darstellung 19: Volumen von Blochholz für verschiedene Mittendurchmesser mit der durchschnittlichen Länge gerechnet



Darstellung 20: Verteilung der Industrieholz­längen bei Kiefer über den BHD-Bereich

6.2.3.5 Zeitbedarf und Kosten beim Rücken

Nachdem die Stundenleistung vorlag, im Durchschnitt 11,74 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde, wurden die Maschinenarbeitsstunden-Kosten wiederum anhand einer Umfrage mittels eines Fragebogens erfaßt. Unterstellt wurden der Kalkulation folgende Durchschnittswerte.

Anschaffungspreis:	167.600 DM
Abschreibungsrestwert:	15 % des Anschaffungspreises
Normale Nutzungsdauer:	12000 Maschinenarbeitsstunden
Normale jährl. Nutzungsdauer:	2200 Maschinenarbeitsstunden
Faktor für Reparatur und Wartung:	0,2 der Abschreibung
Kraftstoffverbrauch:	15 l Diesel/Maschinenarbeitsstunde

Dies führt zu Maschinenkosten je Maschinenarbeitsstunde in Höhe von 75,42 DM. Hinzu kommen Fahrerkosten einschließlich Lohnnebenkosten mit 28,49 DM.

Aus Stundenleistung und Maschinenarbeitsstunden-Kosten errechnen sich die in Tabelle 26 dargestellten Stückkosten.

Es entstehen Gesamtrückekosten in Höhe von knapp 9,-- DM/Fm ohne Rinde. Dies muß bei den schwierigen Arbeitsbedingungen, insbesondere bei der stark wechselnden Tragfähigkeit des Bodens als günstig angesprochen werden.

Tabelle 26: Zeitbedarf und Kosten für Rücken mit Tragknickschlepper (Forwarder)
"VOLVO SM 868" für Endnutzung bzw. Kahlschlag

Jahres- kapazität	Leistung	Zeitbedarf	Kosten	Kosten	Kosten pro Fm o.R. o. LNK DM	Kosten pro Fm o.R. m. LNK DM
Fm o.R.	Fm o.R./Std.	Stunden	DM	DM		
20 000	11,74	1704	151.639	177.063	7,58	8,85
30 000	11,74	2555	277.369	265.490	7,58	8,85
40 000	11,74	3407	303.189	354.021	7,58	8,85
50 000	11,74	4259	379.009	442.553	7,58	8,85

6.2.3.6 Straßentransport des Holzes

Um zu Leistung und Kosten zu gelangen, wird in derselben Weise wie unter Kapitel 6.1.4.3 dargestellt vorgegangen, und zwar wird ein Lastkraftwagen mit heckmontiertem Ladekran und Anhänger verwendet (BUTORA, 1978). Die Ergebnisse sind in Tabelle 08 dargestellt.

Einer Transportleistung von knapp 7 Fm ohne Rinde/Stunde entsprechen Transportkosten in Höhe von 10,50 DM bis 11,00 DM/Fm ohne Rinde. Dies muß der weitgehend perfektionierten Technik angemessen als günstig angesehen werden.

6.2.4. Technische Arbeitsproduktivität und Arbeitskräftebedarf im Gesamtmodell Verfahren 2 (Processor-Aufarbeitung)

6.2.4.1 Technische Arbeitsproduktivität

Setzt man wie bei Verfahren 1 die jährlich erzeugte Holzmenge ins Verhältnis zur tatsächlichen Arbeitszeit, hier ausgedrückt als Maschinenarbeitsstunden, erhält man die technische Arbeitsproduktivität (Tabelle 27).

Fällmaschine und Processor erreichen Stundenleistungen zwischen 2,2 und 8,6 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde. Bezieht man den Rückvorgang und den Straßentransport ein, sinkt die Leistung naturgemäß entsprechend auf 1,5 bis 3,8 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde ab. Im Durchschnitt kalkuliert sich für das Gesamtmodell bei einem mittleren Brusthöhendurchmesser von 30 cm mit Rinde und den unterstellten durchschnittlichen Stückmassen für das Ge-

samtsystem, also den Fällvorgang, die Prozeßaufarbeitung, das Rücken und den Straßentransport in Abhängigkeit von der Bodenklasse eine Stundenleistung zwischen 3,2 und 3,4 Fm ohne Rinde. Die Höhe der technischen Arbeitsproduktivität stellt eine der wesentlichen Kriterien im Vergleich zu den konkurrierenden anderen Systeme dar.

Tabelle 27: Technische Arbeitsproduktivität
- Processorverfahren -

Eingriffsart	Boden- klasse	Fällen, Entasten, Einschneiden und Rücken	Fällen, Entasten, Einschneiden, Rücken und Transport
		Fm o.R./Std.	Fm o.R./Std.
1. ¹⁾ Durch- forstung	3	2,23	1,55
	2	2,38	1,64
	1	2,53	1,71
2. ¹⁾ Durch forstung	3	2,64	1,77
	2	2,76	1,83
	1	2,84	1,89
3. ¹⁾ Durch- forstung	3	2,84	1,90
	2	2,91	1,94
	1	2,86	1,96
3. ²⁾ Durch- forstung	3	8,11	3,69
	2	8,38	3,77
	1	8,62	3,85

1) 1. Variante (Processor GP 822)

2) 2. Variante (Schwedisches Verfahren)

6.2.4.2 Arbeitskräftebedarf

Tabelle 28 zeigt den Arbeitskräftebedarf bzw. die Anzahl an benötigten Maschinen in Abhängigkeit von der Jahreskapazität und von der Bodenklasse beim hochmechanisierten, mobilen Processorverfahren. Die Arbeiterzahl bzw. die Anzahl benötigter Maschinen (Einmann-Bedienung) errechnet sich im vorliegenden Fall aus den jährlich möglichen Gesamtarbeitsstunden (1800 Stunden) und der vorgegebenen Anzahl Festmeter, die pro Jahr aufgearbeitet werden müssen. Unterstellt ist der Kalkulation, wie oben beschrieben, der Einsatz von fahrbaren Fällmaschinen, Processoren, Tragknickschleppern und schweren Lastkraftwagen. Die Ergebnisse machen deutlich, daß es sich beim beschriebenen Ernteverfahren um eine außergewöhnlich arbeitsextensive Lösung handelt.

Tabelle 28: Arbeitskräftebedarf bzw. Maschinenzahl in Abhängigkeit von der Jahreskapazität (Auslastung 1800 Std./Jahr)
- Processorverfahren -

Eingriffsart	Jahreskapazität Fm o.R.	Bodenklasse	Fällen Ablegen	Entasten Sortieren Einschneiden	Rücken	Transport
1. 1) Durchforstung	20 000	3	1,68	2,17	1,96	2,19
		2	1,57	1,91	1,96	2,12
		1	1,44	1,73	1,96	2,10
2. 1) Durchforstung	30 000	3	2,03	2,41	2,96	3,12
		2	1,94	2,17	2,96	3,05
		1	1,83	2,09	2,96	2,94
3. 1) Durchforstung	40 000	3	2,44	2,78	3,92	3,85
		2	2,22	2,82	3,92	3,79
		1	2,10	3,16	3,92	3,61
End- 2) nutzung	50 000	3	0,44	0,92	2,83	4,11
		2	0,38	0,83	2,83	4,06
		1	0,33	0,75	2,83	4,00

1) Variante "A"

2) Variante "B"

Tabelle 29 gibt Hinweise auf die relative Zusammensetzung des Arbeitskräftebedarfs im Gesamtsystem. Deutlich wird hier, daß mit wachsender Stückmasse der Arbeitskräftebedarf wie erwartet erheblich zurückgeht. Erkennbar wird auch, daß, wie dies charakteristisch ist bei modernen Erntetechniken, der relative Anteil des Rücke- und Holztransportvorgangs verglichen mit konventionellen Arbeitsweisen erheblich ansteigt.

Tabelle 29: Relation des Arbeitskräftebedarfs für die einzelnen Phasen des Verfahrens 2
- Processorverfahren -

Eingriffsart	Boden	Fällen Ablegen	Entasten Sortieren Einschneiden	Rücken	Transport
1. Durch- forstung	3	1,0	1,0	0,9	1,3
	2	1,1	1,0	1,1	1,4
	1	1,0	1,0	1,2	1,6
2. Durch- forstung	3	1,1	1,0	1,3	1,7
	2	1,2	1,0	1,5	1,8
	1	1,1	1,0	1,5	1,8
3. Durch- forstung	3	1,1	1,0	1,5	1,8
	2	1,0	1,0	1,5	1,7
	1	0,9	1,0	1,4	1,5
End- nutzung	3	0,5	1,0	3,3	5,8
	2	0,5	1,0	3,6	6,1
	1	0,5	1,0	4,0	6,8

6.2.5 Gesamtkosten/Fm und Sachinvestitionen des Processorverfahrens-----

6.2.5.1 Gesamtkosten

Die Gesamtkosten schwanken entsprechend Tabelle 30 in Abhängigkeit von der Stückmasse und der Eingriffsart zwischen 24,40 DM bei der Bodenklasse 1 bei Endnutzung im Kahlschlagbetrieb und 54,80 DM bei der Bodenklasse 3 in der ersten Durchforstung. In dieser Kalkulation sind die zuvor dargestellten Einzelwerte für die einzelnen Arbeitsphasen zusammengefaßt.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist darauf zu achten, daß das Holz unentrindet zur Industrie geliefert wird und dort noch, allerdings unter sehr günstigen Voraussetzungen entrindet werden muß, volle Vergleichbarkeit zu Verfahren 1 (und 3) ist also hinsichtlich der Produktqualität nicht gegeben.

6.2.5.2 Sachinvestitionen beim Processorverfahren

Ebenso wie beim Verfahren der konventionellen Holzaufarbeitung (1), wurden die notwendigen Sachinvestitionen über die Anschaffungspreise einschließlich Zusatzausrüstung und Zubehör zuzüglich der Mehrwertsteuer hergeleitet.

Im Verfahren der Variante A, Durchforstungen, wurden Motorsägenbeschaffungskosten (z. B. STIHL O41 AV mit Zubehör usw.) mit 1.184,--DM/Einheit unterstellt. Der Durchforstungsprocessor KOCKUMS GP 822 schlägt mit 280.000,-- DM zu Buch. Für den Durchforstungs-Tragschlepper wurden 160.000,-- DM/Einheit eingesetzt. Der jeweils benötigte Lastwagen mit Hydraulikkran und Anhänger verursacht Beschaffungskosten usw. in Höhe von 293.889,-- DM.

Tabelle 30: Gesamtkosten für Fällen, Aufarbeitung, Rücken und Transport
- Processorverfahren -

Eingriffs- art	Jahres- kapazität Fm o. R.	Boden- klasse	durchschn. BHD 1)	Kosten (DM)						Gesamtkosten Fm o. R.	
				Arbeiterkosten		Maschinen- kosten		Gesamt- kosten		o. LNK	m. LNK 2)
				o. LNK	m. LNK 110 §	o. LNK	m. LNK 110 §	o. LNK	m. LNK 110 §		
			cm	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
1.											
Durch- forstung	20 000	3	16,0	180.512	379.153	717.296	897.808	1.096.449	44,90	54,82	
		2	17,0	169.879	356.824	669.198	839.087	1.026.032	41,95	51,30	
		1	18,0	162.395	341.109	638.603	800.998	979.712	40,06	48,98	
2.											
Durch- forstung	30 000	3	19,0	235.668	495.020	925.801	1.161.469	1.420.821	38,71	47,36	
		2	20,0	226.281	475.307	882.541	1.108.822	1.357.848	36,96	45,26	
		1	21,0	220.212	462.557	860.415	1.080.627	1.322.972	36,03	44,11	
3.											
Durch- forstung	40 000	3	21,0	292.165	613.692	1.140.588	1.432.753	1.754.280	35,82	43,86	
		2	23,0	287.811	604.547	1.138.851	1.426.662	1.743.398	35,67	43,58	
		1	25,0	290.494	610.168	1.173.172	1.463.666	1.783.340	36,59	44,58	
End- nutzung	50 000	3	34,0	174.835	367.382	925.167	1.100.002	1.292.549	22,01	25,86	
		2	37,0	169.954	357.123	895.739	1.065.693	1.252.862	21,32	25,06	
		1	40,0	165.775	348.344	871.046	1.036.821	1.219.399	20,74	24,39	

1) ausscheidender Bestand

2) LNK = Lohnnebenkosten 110 §

In Variante B, Processorverfahren auf der Kahlfläche, wird eine Fällbündelmaschine mit 272.350,-- DM kalkuliert, der Processor jeweils mit 460.900,-- DM. Ein Tragknickschlepper verursacht Beschaffungskosten in Höhe von 167.600,-- DM. Ein Lastkraftwagen zuzüglich Kran und Anhänger wiederum 292.889,-- DM.

Dies führt zu Gesamtsachinvestitionen für das Verfahren 2, mobile Aufarbeitung mit Processoren, wie diese in Tabelle 31 dargestellt werden. Um in einem nachfolgenden Untersuchungsschritt Vergleiche anstellen zu können, werden diese auf jeweils 1 ha Betriebsfläche bzw. 1 geernteten Fm Holz umgerechnet. Das entspricht im Durchschnitt 599,30 DM/ha Hauen und Rücken bis Waldstraße und 1.241,08 DM/ha mit Transport. Dies nach Fm, bzw. DGZ gerechnet bringt 28,68 DM/Fm bzw. 57,32 DM/Fm.

Tabelle 31: Investitionsbedarf für das Verfahren 2
- Processorverfahren -

Eingriffs- art	Jahres- kapazität FM O.R.	Boden- klasse	BHD cm	Fällen, Ablegen DM	Entasten, Sortieren, Einschneiden DM	Rücken DM	Transport DM	Insgesamt	
								Fällen, Ent- asteten und Rücken DM	Fällen, Ent- asteten, Rücken und Transport DM
1. Durch- forstung	20 000	3	16,0	1.989	607.600	313.600	641.427	923.189	1.564.616
		2	17,0	1.859	534.800	313.600	620.925	850.259	1.471.184
		1	18,0	1.705	484.400	313.600	615.067	799.705	1.414.772
2. Durch- forstung	30 000	3	19,0	2.405	674.800	468.800	913.814	1.146.005	2.059.817
		2	20,0	2.297	607.600	468.800	893.311	1.078.697	1.972.008
		1	21,0	2.167	585.200	468.800	861.094	1.056.167	1.917.261
3. Durch- forstung	40 000	3	21,0	2.889	778.400	627.200	1.127.623	1.408.489	2.536.112
		2	23,0	2.628	789.600	627.200	1.100.049	1.419.428	2.529.477
		1	25,0	2.486	884.800	627.200	1.057.329	1.514.486	2.571.815
End- nutzung	50 000	3	34,0	119.834	424.028	474.308	1.203.774	1.018.170	2.221.944
		2	37,0	103.493	382.547	474.308	1.189.129	960.348	2.149.477
		1	40,0	89.876	354.893	474.308	1.171.556	919.077	2.090.633

1) Variante "A"

2) Variante "B"

6.3 Holzhofverfahren

6.3.1 Arbeitsverfahren, Definition und Begriffe

Beim Verfahren der zentralen Aufarbeitung (Holzhofverfahren) werden die Bäume mit der Motorsäge oder im vollmechanisierten System auf befahrbaren Lagen mit einer selbstfahrenden Fäll- und Ablegemaschine gefällt. Anschließend wird entweder als sogenannter Vollbaum, als kronengekappter Vollbaum oder als mehr oder weniger grob entasteter Rohschaft gerückt. Im rohen Zustand wird das Holz über die öffentlichen Straßen zum zentralen, stationären Aufarbeitungsplatz transportiert. Diese zentralen Plätze werden im Forstbetrieb als Holzhöfe, in der den Holzindustrien vorgeschalteten Form als Holzplätze bezeichnet.

Für die Abfuhr der Vollbäume stehen besonders entwickelte Lastkraftwagen zur Verfügung.

In der Endnutzung werden zu lange Schäfte, die der Straßenverkehrsordnung entsprechend nicht mehr transportiert werden dürfen, also in ihrer Gesamtlänge, 18 bis 20 m überschreiten, gekürzt. Die Frage, ob diese Kürzung vom dickeren oder vom dünneren Ende her folgt, muß jeweils im Einzelfall entschieden werden. In die Entscheidung gehen dabei ein der Wert der jeweiligen Reststücke, deren Verwendungsmöglichkeit, aber auch die Frage, ob dieses Reststück, evtl. einschließlich der Äste rationell transportiert werden kann. Auf den zentralen Aufarbeitungsplätzen wird anschließend maschinell entastet, entrindet, vermessen und - nach Masse und Wert optimiert - in Sorten eingeschnitten. Die einzelnen Sorten werden über einen Sortierförderer den Sortenboxen zugeführt und dort bis zum Verkauf bzw. einer Zwischenlagerung gestapelt. Dieser Beschreibung der

Vorgehensweise entsprechend wurde der Begriff der zentralen Holzaufarbeitung während der KWF-Zwischentagung 1979 in Donaueschingen und der Tagung der Jufro-Projektgruppe P 301 "Harvesting and Wood Utilization" definiert: "Zentrale Aufarbeitungsplätze" sind fest installierte Einrichtungen, auf denen abweichend von der traditionellen Holzaufarbeitung, Holzsortierung und Holzvermarktung im Wald oder an der Waldstraße

- Rundholz in roher Form konzentriert wird, um dort
- mindestens einen Bearbeitungsvorgang und/oder
- mindestens einen "Aushaltungs- bzw. Sortiervorgang" durchzuführen.

Zielsetzung ist, eine optimale Massen-, Sorten- und Wertausbeute anzustreben (GRAMMEL R., BECKER G., 1979). Auch die von H.J. WECHSELBERGER und der Arbeitsgruppe 5 dieses Kongresses formulierte Definition enthält denselben Inhalt: "unter zentraler Aufarbeitung wird die Verlagerung und Konzentration von mindestens einem Arbeitsgang auf einem Holzhof oder Werksrundholzplatz verstanden" (WECHSELBERGER et al, 1979).

Wie EISENHÄUER, DIETZ und WECHSELBERGER bei derselben Tagung berichten, war zunächst vorrangiges Motiv für diesen Schritt, eine Verbesserung des technischen Ablaufes und eine Senkung der Holzerntekosten. Heute schieben sich immer stärker Überlegungen zur besseren Sortierung und Verwertung des Holzes in den Vordergrund.

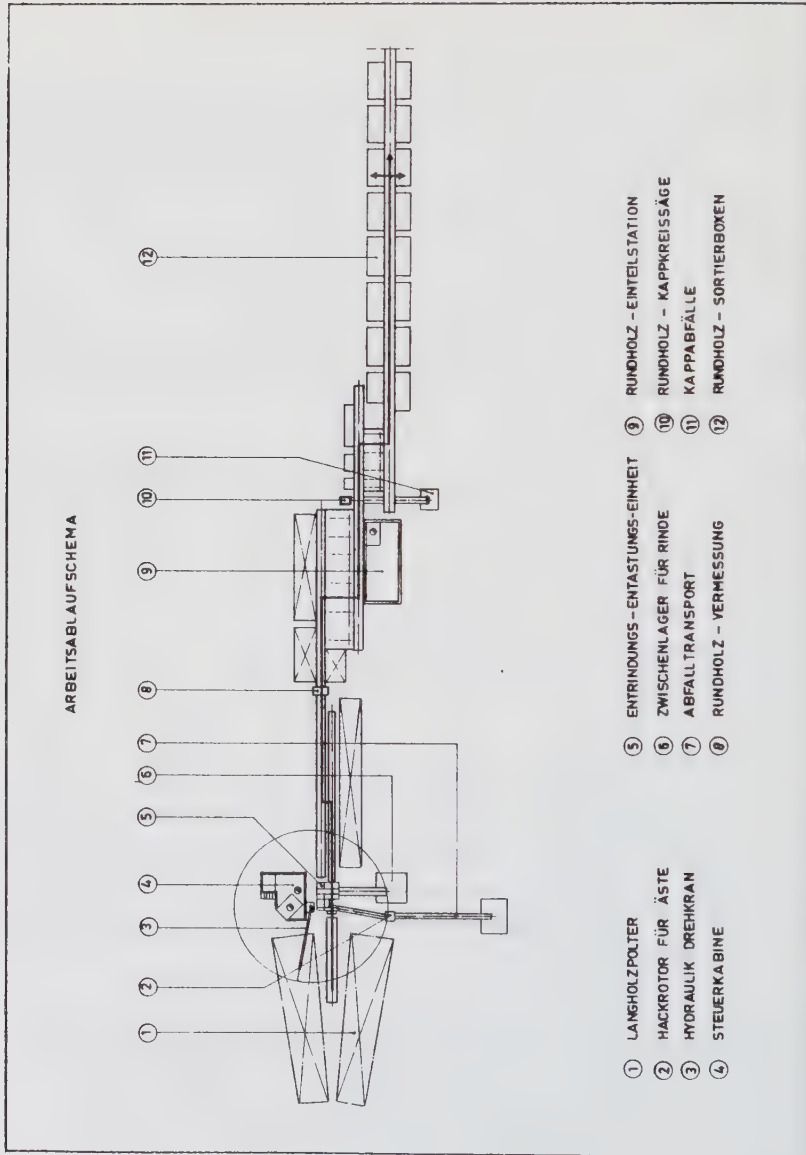
Dieser Aspekt wird sichtbar an den vier prinzipiellen Funktionen der zentralen Aufarbeitungsplätze, die diese zu erfüllen haben, und zwar:

- Sammeln und Konzentrieren des Holzes in roher Form
- Aufarbeiten der Vollbäume, kronengekappten Bäume oder Rohschäfte, d. h. technische Veränderung wie Entastung, Entrindung, Kappen, Aufarbeiten der Nebenprodukte
- die Sortenbildung, d. h. das Ausformen marktfähiger Sortimente mit den Arbeitsgängen Vorsortieren, Vermessen, Qualitätsbestimmung, Optimierung der Holzeinteilung
- Vermarkten und Verteilen der aufgearbeiteten Rundholzsortimente und Nebenprodukte mit den Arbeitsgängen Bewertung, Verbuchen, Lagerung, Auslieferung, Fakturierung.

Wie die Darst.21 zeigt, entsprechen dieser Aufgabenstellung der Holzhöfe bzw. Rundholzplätze die einzelnen Bestandteile dieser Einrichtung:

- Rohholzlager
- Entastungs- und Entrindungsmaschine
- Vereinzeler oder Hydraulikkräne zur Beschickung der Entastungs- und Entrindungsmaschine
- Hacker zur Zerkleinerung von Rinde, Ästen und Nadeln
- Längsförderer
- Querförderer
- Kommandostand, Büro
- Vermessungseinrichtungen
- Einteilhilfen, Prozeßrechner zur Sortenbildung
- Kappsäge als Kreis- oder Schwenksäge
- Sortierstrang mit Sortierboxen
- Sortenlager
- Rohholz-Reservepolter

Darstellung 21: Aufbau eines Holzhofes (Ganzbäume),
schematische Darstellung



Für die Einrichtung von zentralen Aufarbeitungsplätzen durch die Forst- oder Holzwirtschaft sprechen sehr verschiedenartige Argumente. Nach WIPPERMANN (1979) können jeweilige Prioritäten beim Übergang von der mobilen zur zentralen Aufarbeitung gesetzt werden.

Im Bereich der Arbeitskraftbewirtschaftung können hohe Kosten der manuellen Holzaufarbeitung, aber auch der Mangel an qualifizierten Waldarbeitern, der Versuch ihre physische Belastung und die Unfallgefahr zu senken ausschlaggebend für den Entschluß sein.

Bezüglich der weiteren Rationalisierung des Arbeitsablaufes scheint einmal der erzielbare hohe technologische Fortschritt, insbesondere bei der Bearbeitung des Holzes und der Optimierung der Sortenbildung ausschlaggebend zu sein. Der maximalen Volumen- und Wertausbeute scheint auf diesem Wege erreichbar. Vom wirtschaftlichen Aspekt her erkannte man aber auch, daß es auf zentralen, stationären Anlagen viel eher möglich ist, leistungsfähige Maschinen und Anlagen durch Konzentration der Hölzer (auch von Einzelanfällen) voll auszulasten und hierdurch Kosten zu senken, nicht zuletzt auch Energie, insbesondere Öl gegenüber der mobilen Aufarbeitung einzusparen.

Schließlich aber erkannte man, daß die zentrale Rohholzaufarbeitung eine maximale Volumenausbeute ermöglicht. Auch die bisher im Wald zurückbleibenden Baumteile wie Äste, Rinde und Nadeln können einer Verwertung zugeführt werden, ein wichtiger Gesichtspunkt im Hinblick auf die entstehenden Rohstoff- und Energiekrisen und von besonderer Bedeutung im Hinblick auf tropische und subtropische Plantagenwirtschaft. Hierbei besteht der besondere Vorteil des Systems darin, daß gleichzeitig mit

einer bestmöglichen Ausnützung des Rohstoffes dieser, vielfältigsten Käuferwünschen entsprechend, ohne lange Wartezeit angeboten werden kann. Die hohe Bewertung der auf Holzhöfen vermarkteten Rundholzsortimente, ausgedrückt in deren Marktpreis, bestätigt dies inzwischen über mehrere Jahre hinweg.

Die Anlage von Holzhöfen und zentralen Rohholzaufarbeitungsplätzen ist im übrigen keine Entwicklung der Neuzeit. Wie W. WITZEL (1979) in einer Diplomarbeit über die sogenannten Holzhöfe der absolutistischen Zeit nachweist, versuchte man bereits in der Antike, durch Konzentration des Rohholzes und eine Spezialisierung der dort beschäftigten Arbeitskräfte den Arbeitsablauf zu rationalisieren, vor allem aber das bestmögliche aus dem Rohstoff zu machen. Zu einer ausgesprochenen Blüte des Holzhoftsystems kam es im Zeitalter des Absolutismus. Holznot und Holzwucher waren die ausschlaggebenden Gründe dafür, daß die Herrscher der damaligen Zeit versuchten, durch eine Konzentration der Aufarbeitung und der Vermarktung des Holzes auf Holzhöfen, Holzgärten, Holzmärkten eine gerechte Verteilung sicherzustellen und den Wucher mit Holz zu verhindern. Meist fanden sich die Holzplätze an den floßbaren Flüssen. Mit großen Rechen wurde das Holz aufgefangen, die Holzhöfe durchziehenden Kanälen zugeführt, dort herausgenommen, bearbeitet, sortiert und dem Käufer angeboten.

Auch weist B. STREHLKE (1970) darauf hin, daß zentrale Aufarbeitungsplätze in den osteuropäischen Ländern verbreitet anzutreffen sind, die auf Holzumschläge zwischen 10 000 und 100 000 Fm/Jahr konzipiert sind. Während in der Tschechoslowakei und in Ungarn vorwiegend feste zentrale Arbeitsplätze eingerichtet wurden, besitzen sie im europäischen Teil Rußlands eher einen halbstationären Charakter, d. h. das Rohholz, meist nicht oder

nur grob entastet, wird auf, mit den Einschlagsgebieten weiter wandernde, vorübergehend eingerichtete Plätze gebracht, dort aufgearbeitet und dann zu den Holzindustrien transportiert.

6.3.2 Fällen und Rücken von Vollbäumen

6.3.2.1 Fällen und Rücken der Vollbäume in der Durchforstung

Die Bäume werden in Einmannarbeit gefällt und an der Verwertungsgrenze, d. h. bei 4 bzw. 7 cm mit Rinde gezopft. Das Vorliefern an die Rückegasse und das Rücken über diese an die Waldstraße zum Polterplatz wird mit Schleppern im Bodenschleifzug durchgeführt.

Zur Herleitung der Arbeitsleistung, der Kosten, werden die von PFEIL (1980) erarbeiteten Daten im Rahmen des Ganzbaumtarifs DONAUESCHINGEN (ANONYM, 1977) und des erweiterten Sortentarifs benutzt. Zur Anwendung gelangen die Tabellen für einfache Verhältnisse, also für geringe Schwierigkeitsgrade, wie dies bei den Kiefern der Aufforstungsbestände, bewirtschaftet im Plantagenbetrieb, in den meisten Regionen Brasiliens anzutreffen ist. Die Daten von PFEIL erstrecken sich auf einen BHD-Bereich von 12,0 bis 19,0 cm mit Rinde und wurden durch Extrapolation bis 26 cm Brusthöhendurchmesser mit Rinde erweitert.

Auf der Basis dieser Unterlagen wurde die Tabelle 32 für Leistung und Kosten erstellt.

Die in den betreffenden Zeitstudien ermittelten Zeitbedarfswerte pro Baum bzw. pro Fm mit Rinde sind in den Darst. 22 und 23 dargestellt (Leistung c: Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde).

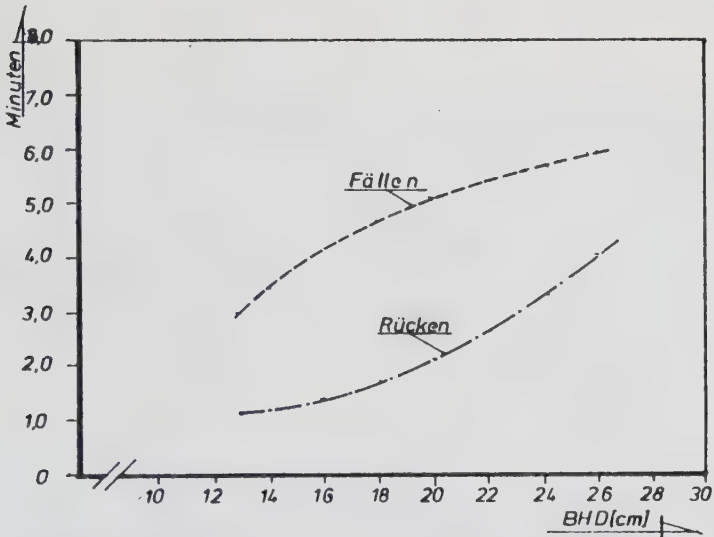
Tabelle 32: Kosten, Leistung und Arbeitsbedarf für Fällen/Zopfen
bzw. Ganzbaumeinschlag
- Holzhofverfahren -

Jahres- kapazität	Boden- klasse	durchschn. BHD 1)	durchschn. Volumen	Leistung	zeitbedarf	Kosten	Kosten	Kosten	Kosten pro Fm o. R. m. LNK
						O. LNK 2)	m. LNK	pro Fm o. R. O. LNK	
Fm o. R.		cm/Baum	Fm o. R./Baum	Fm o. R./Std	Stunde	DM	DM	DM	DM
20 000	3	16,0	0,05418	3,46	5780	115.600	199.351	5,78	9,97
	2	17,0	0,07245	3,66	5464	109.212	188.385	5,46	9,42
	1	18,0	0,09202	3,84	5208	104.160	179.624	5,21	8,98
30 000	3	19,0	0,11508	4,00	7500	150.000	258.575	5,00	8,62
	2	20,0	0,15113	4,20	7143	142.863	246.362	4,76	8,21
	1	21,0	0,18962	4,37	6865	137.300	236.774	4,58	7,89
40 000	3	21,0	0,19834	4,37	9153	183.060	315.687	4,58	7,89
	2	23,0	0,25575	4,65	8602	172.040	296.683	4,30	7,42
	1	25,0	0,32511	4,91	8147	162.940	280.990	4,07	7,02
60 000	3	34,0	0,79294	7,70	7792	135.036	263.604	2,25	4,39
	2	37,0	1,02131	8,50	7058	122.316	238.774	2,04	3,98
	1	40,0	1,25792	9,60	6250	108.312	211.438	1,81	3,52

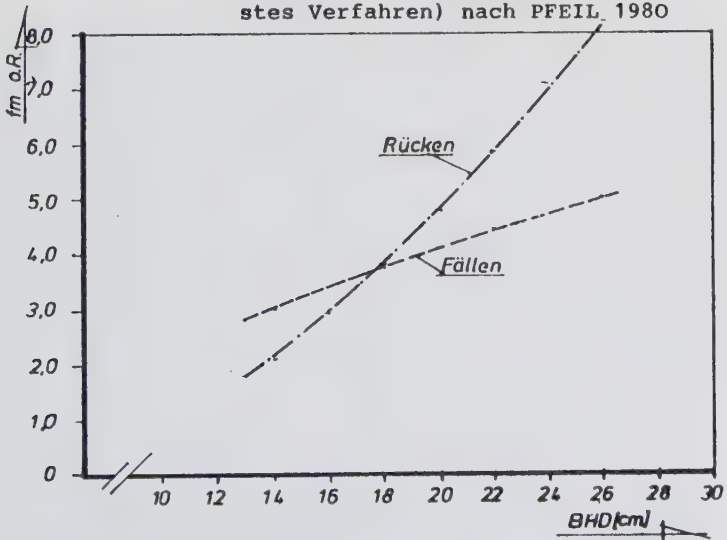
1) ausscheidender Bestand

2) LNK = Lohnnebenkosten 110 %

Quelle: PFEIL, 1980



Darstellung 22: Zeitbedarf je Baum für Fällen und Rücken von Ganzbäumen (gelöstes Verfahren) nach PFEIL 1980



Darstellung 23: Leistung (Fm o.R./Std.) beim Fällen und Rücken von Ganzbäumen (gelöstes Verfahren)

Auf dieser Grundlage konnten die entsprechenden Arbeiten und Maschinen kalkuliert werden, wobei folgende Sätze unterstellt wurden:

- Geldfaktor Arbeitskraft = 0,19 DM/min (ohne Lohnnebenkosten)
0,40 DM/min (einschl. Lohnnebenkosten 110 %)
- Geldfaktor für die Einmannmotorsäge = 0,114 DM/min
- Geldfaktor für den Schlepper = 0,40 DM/min

Die Motorsägenlaufzeit beanspruchte in diesem Verfahren 60 % der reinen Arbeitszeit bzw. 45 % der Gesamtarbeitszeit und wurde entsprechend bewertet.

Von besonderem Interesse ist die Leistung in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser. Sie beginnt bei 16 cm mit Rinde mit 2,90 Fm/Arbeitsstunde und endet bei der dritten Durchforstung Bodenklasse 1 mit im Durchschnitt 25 cm Brusthöhendurchmesser des ausscheidenden Bestandes bei 7,70 Fm/Stunde. Es ist also im Bereich der Fällarbeiten eine außerordentlich hohe technische Arbeitsproduktivität auch in der Durchforstung festzustellen. Die Entwicklung der Kosten entspricht dem Verlauf der Abhängigkeit der Leistung vom Brusthöhendurchmesser. Einschließlich Lohnnebenkosten werden Gesamtkosten pro Fm ohne Rinde zwischen 16,56 und 6,28 DM kalkuliert.

Damit bestätigt sich voll und ganz das von HILF und SPEIDEL formulierte Stückmassegesetz (SPEIDEL, 1952), d. h. mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser steigt die Leistung und sinken die Kosten.

Tabelle 33: Kosten, Leistung und Zeitbedarf für das Rücken von Ganzbäumen - Holzhofverfahren -

Eingriffsart	Jahreskapazität	Bodenklasse	durchschn. BHD 1)	durchschn. Volumen	Leistung	Zeitbedarf	Kosten o. LHK 2)	Kosten m. LHK	Kosten pro o. LHK	Kosten pro m. LHK
	Fm o. R.	cm		Fm o. R.	Fm o. R./Std	Stunden	DM	DM	DM	DM
1. Durchforstung	20 000	3	16,0	0,05418	2,90	6 897	244.292	331.194	12,21	16,56
		2	17,0	0,07245	3,33	6 006	212.732	288.408	10,64	14,42
		1	18,0	0,09202	3,80	5 263	186.416	252.730	9,32	12,64
2. Durchforstung	30 000	3	19,0	0,11508	4,30	6 977	247.126	335.036	9,24	11,17
		2	20,0	0,15113	4,84	6 198	219.533	297.628	7,32	9,92
		1	21,0	0,18962	5,37	5 587	197.892	197.892	6,60	8,94
3. Durchforstung	40 000	3	21,0	0,19834	5,37	7 449	263.843	357.700	6,60	8,94
			23,0	0,25575	6,52	6 135	217.301	294.602	5,43	7,36
		1	25,0	0,32311	7,65	5 229	185.211	251.096	4,63	6,28
End- 3) nutzung	60 000		37,0	1,02131	7,70	7 792	350.640	479.208	5,84	7,99

1) ausschließender Bestand

2) LHK = Lohnnebenkosten 110 %

3) ab ca. 18 m Baum in zwei Stücke teilen (Erststück, Gipfelstück)

Tabelle 33 enthält die zusammengefaßten Kalkulationsergebnisse für den Rückevorgang in der Erst-, Zweit-, Drittdurchforstung sowie der Endnutzung. Auch hier läßt sich die Stückmasseabhängigkeit der Leistung und der Kosten erkennen. Entsprechend der Leistungszunahme fallen die Kosten von 16,60 auf 6,30 DM/Fm. Diese Werte entsprechen u. a. auch den in der Praxis üblichen Mietsätzen bäuerlicher Rückeunternehmer.

6.3.2.2 Fällen und Rücken in der Endnutzung

Leistungsnachweis und Kostenkalkulation gehen in der Endnutzung von der Motorsägenfällung aus, obwohl auch der Einsatz selbstfahrender Fällmaschinen denkbar wäre. Da der Transport der anfallenden Vollbaum- bzw. Rohschaftlängen ohne Trennschnitt aus straßenverkehrstechnischen Gründen, begrenzt ist (18 bzw. 22 m Gesamtfahrzeu glänge), werden bei Bäumen, die den Stammholzklassen 3 und 4 Heilbronner Sortierung entsprechen ein Block von 4,5 m Länge, bei Bäumen der Stammholzklassen 5 und 6 Heilbronner Sortierung zwei Blöcke mit zusammen 10 m Länge abgetrennt. Das Reststück wird bei 7 cm mit Rinde gezopft.

Leistung und Kosten für das Fällen und Rücken werden aus einem von PFEIL (1979) durchgeführten Versuch mit dem Arbeitstitel "Vollbaumbereitstellung im Starkholz" abgeleitet. Für die Aufarbeitung eines Baumes mit einem mittleren Brusthöhendurchmesser des Versuchskollektivs von 40 cm mit Rinde wurden 5,5 min reine Arbeitszeit benötigt. Die Motorsägenlaufzeit betrug 74 % der reinen Arbeitszeit. Bezogen auf die Gesamtarbeitszeit wurden folgende Leistungen erzielt:

bei BHD 34,0 cm	=	7,7 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde
BHD 37,0 cm	=	8,5 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde
BHD 40,0 cm	=	9,6 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde

Unterstellt man Arbeiterkosten ohne Lohnnebenkosten in Höhe von 15,-- DM/Stunde ergibt dies einen Geldfaktor von 0,25 DM/min. Die Gestellung der Motorsäge wurde mit 0,105 DM/min honoriert. Dies ergibt zusammen folgende Kosten je Fm ohne Rinde in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser:

BHD 34,0 cm	=	2,25 DM/Fm ohne Rinde (ohne Lohnnebenkosten)
BHD 37,0 cm	=	2,04 DM/Fm ohne Rinde (ohne Lohnnebenkosten)
BHD 40,0 cm	=	1,81 DM/Fm ohne Rinde (ohne Lohnnebenkosten).

Die Gesamtkosten und die Zeitbedarfswerte wurden bereits in Tabelle 32 (Ziffern 6.3.2.1) dargestellt.

Im Versuch wurden die Vollbäume mit einem Welte-Ökonom-Tragknickschlepper gerückt, ausgerüstet mit einer Doppeltrommel-Seilwinde und Funksteuerung. Die durchschnittliche Rückeentfernung betrug 330 m, die durchschnittliche Rückelast 3,5 Fm ohne Rinde.

Die durchschnittliche Rückeleistung lag bei 7,7 Fm ohne Rinde/Maschinenarbeitsstunde wobei bei den Erdstücken 8,0 Fm und bei den Gipfelstücken 7,3 Fm ohne Rinde/Maschinenarbeitsstunde transportiert werden konnten.

Die Rückekosten beliefen sich im Durchschnitt auf 7,85 DM/Fm ohne Rinde bei einem Kostensatz von 45,-- DM/Maschinenarbeitsstunde für Schlepper und Fahrer (ohne Lohnnebenkosten), 61,50 DM/Stunde für Schlepper und Fahrer einschließlich Lohnnebenkosten.

Gesamtzeitbedarf und Gesamtkosten können Tabelle 33 (Ziffern 6.3.2.1) entnommen werden.

Die auf dieser Basis kalkulierte Leistung, aber auch die Kosten in Höhe von 8,-- DM/Fm entspricht weitgehend den Ergebnissen der Praxis, wobei von PFEIL die Schlepperkosten vielleicht etwas zu optimistisch kalkuliert wurden. Auf der anderen Seite muß darauf hingewiesen werden, daß plantagenartig aufgebaute Bestände entsprechend des unterstellten waldbaulich ertragskundlichen Modells nicht zuletzt die Rückearbeit wesentlich erleichtern, und daß deshalb mit hohen Leistungen und entsprechend niedrigen Kosten gerechnet werden kann.

6.3.3 Straßentransport der Vollbäume

Um Vollbäume und kronengekappte Vollbäume auf öffentlichen Verkehrswegen transportieren zu können, wurden speziell ausgerüstete Lastkraftwagen entwickelt. Bewährt haben sich sogenannte Sattelaufleger, wobei die hintere Hälfte der Ladefläche mit einer Stahlboxe ausgerüstet wird. Die Beladung der Fahrzeuge erfolgt in Einmannarbeit mit Hydraulikkran. Im Normalfall können bis 18 m lange, mit Ausnahmegenehmigungen 22 m lange kronengekappte bzw. Vollbäume transportiert werden.

In der Bundesrepublik sind nach EG-Norm Fahrzeuggesamtgewichte von maximal 38 t zugelassen. Die Ladekapazität der Fahrzeuge beträgt demnach 19 bis maximal 22 t.

Dadurch, daß die Bäume in diesem Modell mit Ästen und Nadeln, allerdings ohne Krone transportiert werden, verringert sich die Lademöglichkeit bezogen auf die Derbholzmenge. MENG (1976)

führte entsprechende Untersuchungen durch. Am Beispiel des Schwachholzes wies er nach, daß dort je Baum rund 140 kg/Fm Holz ohne Rinde zusätzlich, d. h. 13,5 % mehr Gewicht transportiert werden müssen. MENG wies im übrigen darauf hin, daß auch die Beladezeiten sich geringfügig, d. h. um 5 bis 10 % verglichen mit konventionellem Langholz, oder Rohschäften erhöhen, ebenso die Standzeiten, da für das Entfernen überstehender Äste zusätzliche Zeit benötigt wird (ca. 8 %). Hinzu kommt, daß 5 bis 6 % Nutzlastverlust durch die Sonderausrüstung der LKW's in Kauf genommen werden müssen.

Summiert man diese Erschwerungen auf, entsteht eine rechnerische Minderleistung in Höhe von 33,5 bis 40 % verglichen mit konventionellem Holztransport. Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß die inzwischen mehrjährige Praxis dies nicht bestätigt. Ganzjährig beschäftigte Fuhrunternehmer begnügen sich offensichtlich mit nur geringfügigen Zuschlägen.

Eigene Transport-Zeitstudien des Autors wurden im Forstamt Diemelstadt/Nordhessen durchgeführt. Zum Einsatz gelangte ein von der Firma Doll entwickelter neuartiger Sattelaufleger für Ganzbaumtransport mit verstellbarer Aufliegerlänge. Die durchschnittliche Transportentfernung auf der Waldstraße betrug 2,3 km, auf der Bundesstraße bis zum Holzhof 27,2 km.

Die Ganzbäume wurden im Brusthöhen-Durchmesserbereich 12 bis 25 cm m. R. ausgehalten, die Mehrheit der Mittendurchmesser lag in den HKS-Klassen 1a und 1b.

Die Ergebnisse der Zeitstudien sind in Tabelle 34 dargestellt.

Tabelle 34 : Ergebnisse der Zeitstudien für Ganzbaumtransport
im Nahverkehr (ca. 30 km) (FA Diemelstadt, 1980)
- Holzhofverfahren -

Zeitarten		Minuten	%	Durchschnitt min/Fahrt
Zeitstudie				
Allgemeine Zeit (AZ)				
Personal	1/100 min	1,00	0,13	0,25
Sachlich	1/100 min	54,70	6,92	13,68
Summe	1/100 min	55,79	7,05	13,93
Reine Arbeitszeit (RAZ) min.				
<u>Leerfahrt</u>				
Landstraße	km	108,70	-	27,20
Waldstraße	km	9,30	-	2,30
Landstraße	1/100 min	145,55	18,41	36,39
Waldstraße	1/100 min	22,05	2,79	5,51
Landstraße	km/Std.	-	-	44,87
Waldstraße	km/Std.	-	-	25,70
<u>Lastfahrt</u>				
Landstraße	1/100 min	164,60	20,82	41,15
Waldstraße	1/100 min	27,60	3,49	6,90
Landstraße	km/Std.	-	-	41,70
Waldstraße	km/Std.	-	-	22,30
Vorber. z. Beladen	1/100 min	47,80	6,05	11,95
Beladezeit	1/100 min	121,60	15,38	30,40
Zwischenfahrt	1/100 min	23,90	3,02	5,98
Vorber. z. Fahren	1/100 min	67,30	8,51	16,83
Gesamtbeladezeit	1/100 min	260,60	32,96	65,15
Entladezeit	1/100 min	69,35	8,77	17,34
Vorber. z. Entladen und neue Fahrt	1/100 min	45,25	5,72	11,31
Gesamtentladezeit	1/100 min	114,60	14,49	28,65
Summe (RAZ)	1/100 min	735,00	92,96	183,75
Gesamtarbeitszeit (GAZ) 1/100 min		790,70	100,00	197,68
Bezugsdat.				
Stückzahl/Fahrt		644	-	161
Masse Fm o. R.		90,06	-	22,52
mittlere BHD m. R. (cm)		-	-	14,43
Leistung				
in bezug auf auf RAZ		-	-	7,35
auf GAZ		-	-	6,83
auf GAZ 25 % AZ		-	-	5,51

Im einzelnen betrug die maximale Stückzahl/Kran-Greifer beim Beladen 10 und beim Entladen 11. Die durchschnittliche Stückzahl betrug pro Griff beim Beladevorgang 4 Bäume und beim Entladen 6 Bäume. Berücksichtigt man nach PFEIL (1979), daß zur Erzielung einer guten Leistung folgende Punkte zu beachten sind : Einhaltung der Transportlänge von maximal 19 m, ebenes Poltern der Stockenden, Einhaltung der maximalen Reichweite des Krans, kein Poltern und Lagern der Bäume unter tiefbeasteten Randbäumen. Sind pro Ladeplatz vor allem ausreichende Holzmengen bereitgestellt (mindestens 0,5 Wagenladung), dann können die Versuchsergebnisse als recht befriedigend angesprochen werden. Die Bedingungen waren gut, der Fahrer hatte keine Schwierigkeiten beim Be- und Entladen.

Bezüglich der Kosten des Straßentransports kronengekappter Vollbäume werden von TH. AUSTERMANN (1980) zusammen mit dem Autor im Fürstlich Schwarzenbergischen Forstbetrieb in Murau/Steiermark weitere Erhebungen angestellt, die zu folgenden Basiswerten führten:

- zur Herleitung der Fahrzeugkosten eine Abschreibungsdauer von 10 Jahren, eine 5 %ige Verzinsung des Kapitals, 1600 Einsatzstunden/Jahr = 32,88 DM/Std.
- Treibstoffverbrauch für Be- und Entladen
5 l à 1,15 DM/l = 5,75 DM/Std.
- Öl- und Schmiermittel, 10 % der Treibstoffkosten = 0,58 DM/Std.
- Reparaturkosten, 5 % der Anschaffungskosten = 10,96 DM/Std.
- Treibstoffverbrauch/km = 0,5 l Diesel
à 1,15 DM/l = 0,58 DM/km
- Öl und Schmiermittel für das Fahrzeug,
10 % der Treibstoffkosten = 0,06 DM/km

Die einfache Transportdistanz betrug 31 km, die mittlere Fahrzeit, d. h. Leer- plus Lastfahrt 3,29 Stunden. 45,51 % entfielen auf Last- und Leerfahrt, der restliche Anteil auf das Be- und Entladen.

Die Gesamtfahrzeugkosten betrugen damit ohne Fahrer 64,16 DM/Stunde. Kalkuliert man diesen hinzu mit 23,11 DM/Stunde (wie im System 2), ergeben sich Gesamtkosten in Höhe von 97,27 DM/Stunde. Das Gesamtergebnis, ausgedrückt in Leistung und Kosten, ist in Tabelle 35 enthalten.

Tabelle 35: Zeitbedarf und Kosten für Ganzbaumtransport
im Nahverkehr
- Holzhofverfahren -

Jahres- kapazität	Leistung	Zeitbedarf	Kosten o. LNK 1)	Kosten m. LNK	Kosten o. LNK pro Fm o.R.	Kosten m. LNK pro Fm o.R.
Fm o.R.	Fm o.R./Std.	Stunden	DM	DM	DM	DM
20 000	5,51	3630	272.795	316.790	13,64	15,84
30 000	5,51	5445	409.192	475.185	13,64	15,84
40 000	5,51	7260	545.589	633.581	13,64	15,84
50 000	5,51	9074	681.911	791.888	13,64	15,84
60 000	5,51	10889	818.384	950.370	13,64	15,84

1) LNK = Lohnnebenkosten

Die im Versuch ermittelte Leistung von rund 5,5 Fm/Maschineneinsatzstunde und auch die sich errechnenden Gesamtkosten in Höhe von knapp 16,-- DM/Fm ohne Rinde entsprechen den in der Praxis zu beobachtenden Werten. Die für die einzelnen Jahreskapazitäten kalkulierten Gesamttransportstunden lassen Rückschlüsse auf die Zahl der benötigten Fahrzeuge zu. Dies wird sich in der Vorkalkulation der benötigten Investitionssummen für die Transportphase bemerkbar machen.

6.3.4 Der Bearbeitungsvorgang auf dem zentralen Aufarbeitungsplatz-----

Auf dem Holzhof bzw. Rundholzplatz wird entastet, entrindet, eingeschnitten und sortiert. Der weit überwiegende Anteil der zu leistenden Teilarbeiten konzentriert sich also auf den entsprechenden dort installierten Anlagen. Erfüllt werden, wie oben definiert, die Sammelfunktion, das Bearbeiten entsprechend den Wünschen des Marktes und die Vermarkung selbst. Das Rohprodukt unterscheidet sich in seiner Form, unentrindet, unentastet, unvermessen grundsätzlich von der bisher gewohnten Art und Weise der Anlieferung des Holzes zum Be- und Verarbeiter.

Zur Errichtung eines Holzhofes wird ein möglichst ebenes Gelände von ausreichender Größe, mindestens 4,5 bis 5 ha benötigt. Eine Anbindung an die allgemeine Infrastruktur d. h. Straßen, Eisenbahnlinien, Kanäle oder Flüsse ist wünschenswert. Benötigt wird eine ausreichende Strom- und Wasserversorgung.

Über die technische Konzeption führte DIETZ (1979) folgendes aus:

- Lagerung des Rohholzes und der verkaufsfertigen Produkte
- innerbetrieblicher Transport
- Entastung und Entrindung
- Vermessung zur Ermittlung des Eingangsmaßes als Entscheidungshilfe für die optimale Holzausformung sowie Ermittlung des Ausgangsmaßes
- Ausformung der Holzhofsortimente
- Verwertung der anfallenden Nebenprodukte wie Äste, Rinde, Kappstücke, Sägespäne.

Damit ist auch die Arbeitskette beschrieben. Nachdem die ganzen Bäume antransportiert sind, z. T. in kronengekappter Form, wird bei den Rohschäften mit einem Vereinzelter, bei Vollbäumen mit einem Hydraulikkran die Entastungs- und Entrindungsmaschine beschickt. Anschließend erfolgt der Durchgang durch ein Splittersuchgerät sowie durch die Vermessungsanlage. Die Arbeitskraft in der Kappstation entscheidet über die Aushaltung z. T. mit Hilfe sogenannter Einteilhilfen oder auch auf der Basis einer Rechneroptimierung und steuert die Kappsäge. Die Zuordnung zu den Sortenboxen erfolgt dann über ein Sortierband weitgehend automatisiert. Die Sortenboxen werden mit geeigneten Transportmitteln entleert.

Als Entrindungsmaschine kommen Fräskopffaggregate für mittlere und stärkere Stämme, vor allem aber sogenannte Lochrotoren in Frage. Als Entastungstechnik werden gekrümmte hydraulisch angedrückte sichelartige Messer oder aber Fräswalzen benutzt.

Die abgetrennten Teile wie Rinde, Äste und Nadeln fallen in einen Hacker bzw. in Hammermühlen und werden dort entsprechend dem späteren Verwendungszweck zerkleinert.

Für den Holztransport werden Ketten- und Rollenförderer verwendet. Problematisch werden zu große Krümmungen des Holzes.

In der Vermessungsanlage wird ein möglichst schlupffreier Transport angestrebt durch eine genaue Synchronisation des Vorschubs mit dem Meßvorgang. Dank der dimensions- und volumenmäßigen Erfassung des angelieferten Rohholzes kann anschließend die Sortierung optimiert werden. Die Daten der Meßstation werden an die Kappstation geliefert und zeigen dem Einteiler den Weg zu einer entsprechenden Sortierung.

Die Durchmesser werden mit sogenannten Lichtvorhängen ermittelt. Die Lasertechnik liefert eine zunehmende Genauigkeit. Bestimmt werden im übrigen zwei Durchmesser über Kreuz, um die Ovalität des Holzes zu ermitteln.

Versuche werden gemacht, auch die Krümmungen des Holzes bereits beim automatischen Meßvorgang festzuhalten.

Nach der Vermessung passiert der Schaft die Kappstation. In Gebrauch sind Kreissägen, Mehrblatt-Kreissägen, fliegende Kreissägen, Kettenschwingsägen sowie Kappscheiben. Die Kappstation stellt in der Regel den Engpaß der zentralen Aufarbeitung des Holzes dar.

Als Sortierstraße kommen Kettenförderer, Bandförderer oder Kegelrollengänge in Frage. Aus den Sortenboxen wird das Holz mit Hilfe von Portalkränen, Radladern oder - wirtschaftlicher - Hydraulikbaggern entnommen. Der Vorteil des Portalkrans be-

steht darin, daß wenig Platz benötigt wird, derjenige der Radlader und Hydraulikbagger in der größeren Beweglichkeit.

6.3.4.1 Leistungen, Kosten

Als Basis werden von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg FVA (1978) durchgeführte Zeitstudien verwendet. Auf dem Bespielsbetrieb, dem Holzhof der Fürstlich Fürstenbergischen Forstverwaltung in Hüfingen sind folgende Anlagen installiert:

- 1 Limbac Entastungs-/Entrindungsmaschine des Typs 45
- 1 Hydraulikkran
- 1 elektronische Vermessungsstation zwischen Entrindung und Kappstation, die Informationen für das Einteilen liefert, d. h. Länge, Durchmesser und Volumen des zur Einteilstation gelangenden Rohschafte
- 1 Kappsäge, in diesem Fall eine Kreissäge
- 1 Sortierstraße
- 1 VOLVO Frontlader zur Entleerung der Sortenboxen
- 1 Hammermühle zur Aufarbeitung der anfallenden Äste und Rinde
- 1 LKW für den Hackschnitzeltransport.

Eingesetzt sind 4 Mitarbeiter (ohne Büropersonal) zur Bedienung der Straße:

- 1 Arbeitskraft zur Bedienung des Hydraulikkrans, zur Beschickung der Entastungs- und Entrindungsmaschine
- 1 Arbeitskraft zur Bedienung der Kappsäge
- 1 Arbeitskraft auf dem VOLVO-Radlader als Fahrer
- 1 Arbeitskraft als Springer und zur Boxeninspektion.

Folgende Leistungs-Einzelwerte wurden ermittelt:

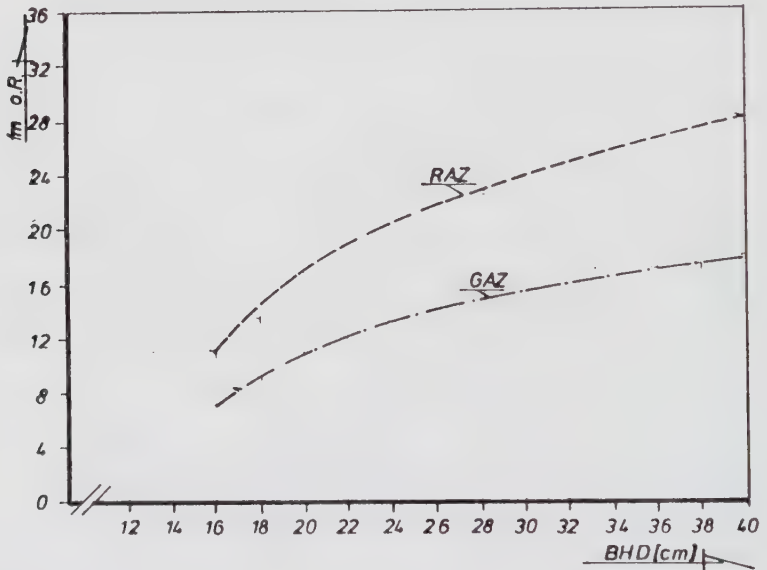
An der Entrindungs-/Entastungsanlage wurde eine Durchschnittszeit von 0,84 min/Baum (RAZ) benötigt bei einem durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser von 18,3 cm und einer Rohstangenlänge von 14,5 m. Einschließlich der allgemeinen Zeiten, also der Unterbrechungen der reinen Arbeitszeit wurden 0,65 min/Baum an Zeitbedarf gemessen. Die Gesamtarbeitszeit betrug demnach 1,49 min für das beschriebene Sortiment.

Der Anteil von 43,2 % der allgemeinen Zeiten geht vorrangig auf Wartezeiten zurück, d. h. der notwendige Sortiervorgang und die Arbeit mit der Kappsäge konnten dieser Teilarbeit nicht folgen.

Die Kappsägenleistung kommt in einer durchschnittlichen Arbeitszeit von 0,93 min/Rohstange bei einem durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser von 17,6 cm ohne Rinde und einer Rohstangenlänge von ebenfalls 14,5 m zum Ausdruck. Der Anteil der allgemeinen Zeit liegt bei 0,50 min für die Rohstange. Dies ergibt zusammen einen Zeitbedarf von 1,43 min im Durchschnitt.

Die Leistung der Sortierstation bzw. Kappsäge wird in Darst. 24 dargestellt. Sie wird zur Herleitung der Kosten benutzt, bestimmt sie doch maßgebend die Kapazität der Gesamtanlage. Im einzelnen werden die Stundenkosten des Holzhofes nach DIETZ (1979) kalku-

liert und in Tabelle 36 dargestellt. Unterstellt wird, daß mit dem Holzhof jährlich 1800 Maschinenarbeitsstunden erreicht werden.



Darstellung 24: Leistung (Fm o.R./Std.) an der Kappsäge nach DIETZ 1978, bis 21 cm BHD

Die Jahreskapazität des Holzhofes soll etwa 60 000 Fm ohne Rinde betragen, und zwar sollen auf einer Schwachholzstraße 20 000 Fm, auf einer Starkholzstraße 40 000 Fm mittelstarkes bis starkes Holz aufgearbeitet werden.

Tabelle 36: Modellhaft zusammengefaßte Kalkulation der Bearbeitungskosten auf einem Holzhof mit zwei Straßen und einer Jahreskapazität von + 60 000 Fm ohne Rinde

Investition	4,5 Mio DM
Nutzung	10 Jahre
Sachkosten	DM/Jahr
Zinskosten 6 %	135.000,00
Abschreibung	450.000,00
Betriebsstoffe (Strom + Öl = 2,50 DM/Fm o.R.)	150.000,00
Reparaturen (3,50 DM/Fm o.R.)	210.000,00
Sachkosten (1,00 DM/Fm o.R.)	60.000,00
Arbeitskosten (Löhne) 7 Arbeiter x 30,00 DM/MAS	378.000,00
Summe	1.383.000,00
DM/MAS	768,33

Aus dem unter Ziffer 4. beschriebenen waldbaulich ertragskundlichen Modell der zu untersuchenden Kiefernplantage kann man das Durchforstungs- und Endnutzungsprozent sowie die jeweils zugehörigen durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser ableiten. In Verbindung mit der Vorkalkulation der Bearbeitungskosten lassen sich damit Einzelleistungen und Einzelkosten je Bodenklasse herleiten.

Die Gesamtleistung des Holzhofes wird über den gemittelten Durchmesser der gesamten Holzmenge hergeleitet. Die Ergebnisse bezüglich Leistungen und Kosten werden in Tabelle 37 dargestellt.

Tabelle 37: Mittlerer Brusthöhendurchmesser für die verschiedenen Bodenklassen sowie der prozentuale Anteil der Durchforstungs- und Endnutzungsholzmengen, bezogen auf das Gesamtvolumen (hergeleitet aus dem waldbaulich ertragskundlichen Modell)

Boden- klasse	mittlerer Durch- forstungen cm	BHD der End- nutzung cm	% des Holzaufkommens aus		durchschn. BHD an Rotation
			Durch- forstung	End- nutzung	
3	18,7	34,0	33,2	66,8	28,9
2	20,0	37,0	32,7	67,3	31,4
1	21,3	40,0	33,1	66,9	33,7

6.3.5 Technische Arbeitsproduktivität und Arbeitsbedarf beim Holzhoofsystem

6.3.5.1 Technische Arbeitsproduktivität

Wie bei den beiden anderen konkurrierenden Ernteverfahren, konventionelle Aufarbeitung am Fällort (Sortenverfahren) oder mobiles Processorsystem, wird auch hier die technische Arbeitsproduktivität nach SPEIDEL (1963) ermittelt. Unterstellt wird die Jahreskapazität des Systems sowie die während der Phasen Fällen und Zopfen, Rücken, Straßentransport und Aufarbeitung und Vermarktung auf dem Holzhoof benötigten Gesamtarbeitsstunden. Variiert wird nach den entsprechenden zu verarbeitenden Holzdimensionen in der Durchforstung und Endnutzung, ausgedrückt durch den durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser.

Tabelle 38 : Leistung (GAZ) und Kosten für die Holzhofaufarbeitung
(60 000 Fm o.R./Jahr)

Boden- klasse	Leistung Fm o.R./Std.		Gesamt- stunden (60 000 Fm o.R.)	Kosten (DM)						
	Schwach- Holz	mittel- starkes Holz		Summe	Arbeiter o. LNK	Arbeiter m. LNK	Maschinen	Gesamt o. LNK	Gesamt m. LNK	PRO Fm o.R. o. LNK
3	9,8	21,0	30,8	194.800	409.080	1.087.627	1.282.427	1.496.707	21,37	24,95
2	11,0	22,8	33,8	177.500	372.750	991.036	1.168.536	1.363.786	19,48	22,73
1	12,0	24,7	36,7	163.500	343.350	912.870	1.076.370	1.256.220	17,94	20,94

Die Ergebnisse werden in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Technische Arbeitsproduktivität für das Holzhofverfahren

Eingriffsart	Bodenklasse	Fällen/Zopfen - Rücken - Transport Holzhofaufarbeitung (Fm o. R./Std.)
1. Durch- forstung	3	1,04
	2	1,14
	1	1,23
2. Durch- forstung	3	1,31
	2	1,39
	1	1,47
3. Durch- forstung	3	1,47
	2	1,60
	1	1,71
End- nutzung	3	2,05
	2	2,11
	1	2,19

Ohne eine kritische Diskussion vorwegzunehmen, wird bereits hier ersichtlich, daß das Holzhofverfahren von der technischen Arbeitsproduktivität her nicht an der Spitze liegt. Beim Schwachholz werden auf die Gesamtarbeitsstunde bezogen nur knapp über 1 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde erzeugt, bei der Endnutzung mit einer mittleren Stückmasse von über 1 Fm und einem durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser von 37 cm im-

merhin etwas über 2 Fm. Obwohl das Verfahren als hochmechanisiert angesprochen werden muß, lassen sich doch kaum höhere Leistungen erreichen. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, daß, wie bei der Zielsetzung des Holzhofs formuliert, zusätzliche Teilarbeiten in dieses System übernommen werden. Dies betrifft eine höhere Bearbeitungsstufe, eine wesentlich weitergehende Sortierung sowie eine intensivere Vermarktung.

6.3.5.2 Arbeitskräftebedarf

Ausgegangen wird von einer Jahreskapazität des Holzhofsystems von 60 000 Fm und davon, daß die Arbeitskräfte sowohl im Bestand beim Fällvorgang als auch beim Rücken und beim Abtransport des Holzes über die Waldstraße, aber auch auf dem Holzhof wie bei den übrigen Systemen 1800 Stunden im Jahr arbeiten. Die Ergebnisse für das Fällen und Zopfen, Rücken und den Straßentransport sind in Tabelle 40 dargestellt.

Aus Tabelle 40 ist zu entnehmen, daß im Bereich Fällen und Zopfen, um die Jahreskapazität in Höhe von 60 000 Fm decken zu können, 5 bis 6 Arbeitskräfte, ebenso im Bereich des Rückvorgangs, beim Transport aber 6 Fahrer benötigt werden. Auf dem Holzhof müssen einschließlich Springer 6 bis 7 Leute beschäftigt werden. Zusammen können also 21 bis 23 Arbeitskräfte eine Gesamtholzmenge je Jahr in Höhe von 60 000 Fm bewältigen. Eine Gegenkontrolle ist möglich über die Höhe der technischen Arbeitsproduktivität, die im Durchschnitt bei 1,50 Fm/Mann/Stunde liegt. Vervielfältigt mit der Zahl der Arbeitskräfte und den jährlich erreichten Arbeitsstunden ergibt sich dasselbe Ergebnis.

Die Zahlen bestätigen im übrigen auch, daß auf den besseren Standorten, also in günstigeren Bodenklassen aufgrund der höheren Stückmasse weniger Arbeitskräfte und eine kleinere Anzahl von Maschinen benötigt werden.

6.3.6 Gesamtkosten und Sachinvestitionen

6.3.6.1 Gesamtkosten

Diskutiert werden hier nur die direkten Kosten, nicht hingegen die Verwaltungs und sonstigen Gemeinkosten, die im Forstbetrieb üblicherweise mit 20 bis 25 % zugeschlagen werden müssen. Ausgegangen wird von einer Gesamtjahreskapazität 60 000 Fm ohne Rinde. Differenziert wird nach den Bodenklassen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 41 dargestellt, kalkuliert für den Holzanfall der Gesamtumtriebszeit, wobei entsprechend dem unterstellten waldbaulich ertragskundlichen Modell rund 1/3 auf Vornutzung und 2/3 des Gesamtholzaufkommens auf Endnutzung entfallen.

Die beiden letzten Spalten sind für einen Gesamtvergleich der konkurrierenden Systeme von Interesse. In Abhängigkeit von der Bodenklasse und damit der Holzdimension schwanken die Gesamtkosten, also die Summe der Kosten für den Holzeinschlag, das Rücken, den Transport und die zentrale Aufarbeitung zwischen 50,-- DM und knapp 55,-- DM.

Tabelle 41: Gesamtkosten für das Holzhofverfahren, Fällen
Rücken - Transport - zentrale Aufarbeitung

Boden- klasse	DM Gesamtkosten (60 000 Fm o. R.)					Kosten pro Fm o. R.	
	Arbeiter o. LNK	Arbeiter m. LNK	Maschinen	Gesamt o. LNK	Gesamt m. LNK	o. LNK	m. LNK
3	589.249	1.238.004	2.100.105	2.689.354	3.338.109	44,82	55,64
2	555.558	1.167.226	1.988.287	2.543.845	3.155.513	42,40	52,59
1	526.381	1.105.935	1.897.806	2.424.187	3.003.741	40,40	50,06

Weitere Einblicke verschafft die Aufschlüsselung der Arbeiter und Maschinenkosten nach relativen Anteilen (siehe Tabelle 42).

Während beim Fällen und Zopfen die Arbeitskosten bei weitem überwiegen, beanspruchen diese beim Rückevorgang noch 50 % und beim Straßentransport gar nur noch 25 % der Gesamtkosten. Dasselbe trifft für den Holzhof zu, wo Maschinen und Anlagen Kostenanteile um 75 % beanspruchen. Aus Tabelle 42 kann entnommen werden, daß auf den Fällvorgang nur noch 12 %, auf das Rücken hingegen 60 %, auf den Straßentransport 30 % und auf das Aufarbeiten auf dem Holzhof 20 % der Arbeitszeit entfallen. Auch dies läßt eine Reihe weitere Rückschlüsse und muß in den Gesamtvergleich eingebracht werden.

6.3.6.2 Sachinvestition

Die Sachinvestition bzw. Anschaffungskosten (einschließlich Mehrwertsteuer) betragen

- für das Fällen und Zopfen werden leichte bis mittelschwere Motorsägen mit Zubehör wie Ausrüstung für den Mann usw., wobei für eine Einheit 1.184,-- DM unterstellt
- für das Rücken wird mit einem mittelstarken Tragknickschlepper bzw. gut ausgerüstetem Agrarschlepper kalkuliert also einschließlich Polterschild, Doppeltrommel-Seilwinde, Funksteuerung und Schutzeinrichtung mit 112.352,-- DM/ Einheit
- für den Holztransport wird mit einem Langholz-Spezialfahrzeug (Sattelaufleger) kalkuliert, wobei das Fahrzeug mit 150.000,-- DM, der Hydraulikkran mit 75.000,-- DM, der

Tabelle 42: Kostenstruktur-Anteile - Arbeiter- und Maschinenkosten
- Holzhofverfahren -

Eingriffs- art	Fällen/Zopfen		Rücken		Transport		Entasten-Entrinden Einschneiden- Sortieren		Insgesamt	
	Arbeiter	Maschine	Arbeiter	Maschine	Arbeiter	Maschine	Arbeiter	Maschine	Arbeiter	Maschine
Durch- forstungen	80,20	19,80	50,00	50,00	26,48	73,52	27,33	72,67	-	-
Endnutzung	93,11	6,89	51,22	48,78	26,48	73,52	27,33	72,67	-	-
1) Insgesamt	88,80	11,20	50,82	49,28	26,58	73,52	27,33	72,77	36,99	63,01

1) 1/3 Durchforstung vom Holzaufkommen
2/3 Endnutzung vom Holzaufkommen

Boxenaufbau mit 35.000,-- DM, der Sattelaufleger mit 45.000,-- DM, eine Hilfsseilwinde mit 10.000,-- DM angesetzt werden. Dies entspricht Beschaffungskosten pro Einheit in Höhe von ca. 315.000,-- DM

- beim Holzhof werden im einzelnen je Einheit unterstellt:

1. Beschickung, Entsorgung, Äste und Rinde einschließlich Hacker bzw. Mühle	280.000,-- DM
2. Entastung	170.000,-- DM
3. Entrindung	230.000,-- DM
4. Transportanlage und Stirnkappsäge, Sortierwerk, Kappsäge, Boxen usw.	1.750.000,-- DM
5. elektrische Anlagen	230.000,-- DM
6. Elektronik einschließlich Optimierung	460.000,-- DM
7. Fundamente, Gebäude, Erschließung, Montage	810.000,-- DM
8. Gleisanschluß und Berieselung	40.000,-- DM
Zusammen	3.970.000,-- DM

Es ergeben sich damit Sachinvestitionen für das Gesamtsystem Holzhofverfahren in Höhe von 4.476.000 Dm bzw. 4,5 Mio. DM

Mit den oben genannten Daten (Kosten) und den Daten der Tabelle 40 bezüglich der Zahl der benötigten Maschinen kann die Tabelle 43 errechnet werden.

Es entstehen also Gesamtinvestitionskosten für den Gesamtablauf der Holzernte im Modell 3 Holzhof bzw. Rundholzplatz in Höhe von 6,6 bis 7,4 Mio. DM. Auf das Fällen und Entasten entfallen nur 2 %, auf das Rücken 10 %, auf den Straßentransport 30 % und 60 % auf den Holzhof.

Tabelle 43: Gesamtkosten für Sachinvestitionen
(Jahreskapazität 60 000 Fm o.R.)
- Gesamtsystem Holzhof -

Boden- klasse	Fällen/ Zopfen DM	Rücken DM	Transport DM	Entasten Entrinden Einschneiden Sortieren DM	Gesamt- Investition DM
3	6.713	614.565	1.905.750	4.860.000	7.387.028
2	6.228	583.107	1.905.750	4.455.000	6.950.085
1	5.754	557.266	1.905.750	4.095.000	6.563.770

Auf den Hektar bezogen ergeben sich damit Gesamtinvestitionen in Höhe vom 2.247,-- DM bis 3.314,-- DM, wovon 250,-- DM auf das Fällen, 235,-- DM auf das Rücken, 767,-- DM auf den Strassentransport und 1.793 DM auf den Holzhof entfallen.

7. Verfahrensvergleich und Entscheidungsgrundlagen

7.1 Technische Arbeitsproduktivität

Die technische Arbeitsproduktivität, ausgedrückt in erzeugte Holzmenge F_m ohne Rinde/Arbeitsstunde, gibt einen ausgezeichneten Hinweis auf den erreichten Mechanisierungsgrad. Diese Kennziffer stellt eine der wesentlichen Grundlagen der Personalplanung dar, eignet sich aber auch für regionale und internationale Vergleiche. Auf die Möglichkeit, auf die hier bewußt verzichtet wird, über den Einsatz an menschlicher Arbeit hinaus den Einsatz an Maschinen und Anlagen zu berücksichtigen, wird hingewiesen (vgl. auch GEIGER, 1965, JINDRA, 1978, SPEIDEL, 1967).

Tabelle 44 stellt die für die konkurrierenden Holzernteverfahren ermittelten Ergebnisse dar.

Deutlich sichtbar wird erneut die starke Stückmasseabhängigkeit der technischen Arbeitsproduktivität. Abgesehen von diesem generellen Merkmal des Verfahrensvergleiches läßt sich eine starke Abhängigkeit dieses Kriteriums von dem gewählten Erntemodell erkennen. Setzt man die konventionelle Aufarbeitung des Holzes am Fällort = 100 %, erreicht das mobile Processorverfahren (System 2) mehr als 500 %, die Holzhöflösung (System 3) immerhin noch 310 %. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß bei Verfahren 1 und Verfahren 3 das Holz entrindet angeboten, bei Verfahren 2 hingegen in Rinde zur Industrie geliefert wird. Da aber bei der zentralen maschinellen Entrindung der Arbeitseinsatz recht gering bleibt, verschieben sich die Relationen nicht wesentlich.

Tabelle 44: Technische Arbeitsproduktivität konkurrierender Ernteverfahren (einschließlich Transport)

Eingriffs- art	Boden- klasse	1. Verfahren "konventionell" 1)	2. Verfahren hoch- mechanisiert "mobil" 2)	3. Verfahren hoch- mechanisiert "stationär" 1)
1. Durch- forstung	3	0,3533	1,5486	1,0391
	2	0,3705	1,6388	1,1364
	1	0,3814	1,7107	1,2253
2. Durch- forstung	3	0,3935	1,7600	1,3088
	2	0,4077	1,8332	1,3945
	1	0,4220	1,8891	1,4678
3. Durch- forstung	3	0,4226	1,9031	1,4678
	2	0,4507	1,9440	1,6012
	1	0,4794	1,9550	1,7141
End- nutzung	3	0,6410	3,6866	2,0460
	2	0,7018	3,7697	2,1148
	1	0,7457	3,8470	2,1930
im Durch- schnitt	3	0,5588	3,0469	1,8012
	2	0,6056	3,1365	1,8793
	1	0,6386	3,1989	1,9529
in Prozent	2	100,00	518,00	310,00

1) Produkt: entrindete Abschnitte

2) Produkt: unentrindete Abschnitte

Real schwankt die technische Arbeitsproduktivität zwischen lediglich 0,6 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde beim konventionellen Arbeitsverfahren und über 3 Fm ohne Rinde beim hochmechanisierten mobilen Processorsystem. Der forstliche Holzhof bewegt sich

mit knapp 1,9 Fm ohne Rinde/Arbeitsstunde im mittleren Bereich. Dieser relativ geringe Mechanisierungsgrad eines sehr anspruchsvollen Arbeitssystems ist z. T. darauf zurückzuführen, daß das Holzhofsystem weitere Teilarbeiten wie z. B. eine weitergehende Sortierung des Holzes sowie dessen Vermarktung enthält.

Keine Hinweise enthält die Darstellung der technischen Arbeitsproduktivität hinsichtlich der psychisch-physischen Beanspruchung der beteiligten Arbeitskräfte. Hier bestehen sicher erhebliche Unterschiede, wobei Verfahren 1 mit schwerer körperlicher Belastung, die Verfahren 2 und 3 hingegen eher mit psychischer d. h. Stressbelastung verbunden sind.

Im Hinblick auf die Zielvorstellung dieser Untersuchung, nämlich der Erarbeitung einer Entscheidungshilfe für die Bewirtschaftung von Plantagen in den Tropen und Subtropen, d. h. vor allem in Entwicklungs- bzw. sogenannten Schwellenländern, besitzt dieses Kriterium eine wesentliche Bedeutung. Bei der Wahl konventioneller Aufarbeitungsweisen können drei- bis fünfmal soviele Arbeitskräfte beschäftigt werden, verglichen mit hochmechanisierten Verfahren. Allerdings kann dieser Aspekt allein nicht die Entscheidung für das eine oder andere System herbeiführen.

7.2 Arbeitskräftebedarf in Abhängigkeit von der Wahl des Verfahrens

Dem Gewicht entsprechend, dem diese Frage in tropischen und subtropischen Ländern in der Regel zukommt, wird dargestellt, welche Anzahl an Vollarbeitskräften benötigt wird, um jährlich eine bestimmte Holzmenge aufzuarbeiten. Unterstellt werden hierbei 60000 Fm ohne Rinde, die Jahreskapazität eines gut eingerichteten forstlichen Holzhofes.

Die in der letzten Spalte der Tabelle 45 ausgewiesene Summe weist erneut darauf hin, welche enge Abhängigkeit zwischen der Wahl des Holzerntesystems und der Zahl der benötigten Arbeitskräfte besteht. Während bei der konventionellen Aufarbeitung mit Motorsäge, Axt und Schälseisen am Fällort rund 80 Arbeitskräfte benötigt werden, sind dies bei der hochmechanisierten mobilen Aufarbeitung nur noch rund 13 (16,5 % von Verfahren 1) und beim verwertungstechnisch anspruchsvolleren Holzhofsystem immerhin noch rund 24 Arbeitskräfte (29,3 % des Verfahrens 1).

Zu berücksichtigen ist hier bei der Bewertung allerdings erneut, daß die notwendige berufliche Qualifikation sehr unterschiedlich ist. Dies kommt auch nachfolgend bei der Kalkulation der direkten Kosten zum Ausdruck.

Tabelle 45: Arbeitskräftebedarf
(Anzahl der Vollarbeitskräfte für eine jährliche
Kapazität von 60 000 Fm o. R.)

Verfahren	Boden- klasse	Fäll- vorgang	Fällen/ Ablegen	Fällen oder Fällen und Zapfen	Processor- aufarbeitg.	Rücken	Trans- port	Holzhof- aufarbeitg.	Gesamt- Arbeiterzahl pro Verfahren
1. Konventionell	3	66,2	-	-	-	12,2	5,4	-	83,8
	2	62,8	-	-	-	12,0	5,3	-	80,1
	1	61,4	-	-	-	11,6	5,1	-	78,1
2. Hochmechanisiert "mobil"	3	-	0,3	1,3	2,3	4,3	5,4	-	13,6
	2	-	0,3	1,3	2,1	4,3	5,3	-	13,3
	1	-	0,3	1,2	2,0	4,3	5,1	-	12,9
3. Hochmechanisiert "stationär"	3	-	-	5,7	-	5,5	6,1	1,1 x 7	25,0
	2	-	-	5,3	-	5,2	6,1	1,0 x 7	23,6
	1	-	-	4,9	-	5,0	6,1	0,9 x 7	22,3

7.3 Vergleich der direkten Kosten

Da es sich bei der Wahl von Holzernteverfahren in der Regel um langfristige Entscheidungen handelt (Holzhöfe werden über Jahrzehnte hinweg betrieben, auch die Wahl eines mobilen Processorsystems wird sich auf größere Zeiträume auswirken), werden die direkten Kosten umfassend für das Gesamt-Ertragskundlich-Waldbauliche-Wuchsmodell kalkuliert. In Bodenklasse 3 werden 33,2 % des Holzaufkommens aus der Durchforstung, in Bodenklasse 2 33,7 % und in Bodenklasse 3 33,1 % in Form von Durchforstungen aufgebracht, der Rest entfällt auf Endnutzung. Damit beträgt der durchschnittlich geerntete Brusthöhendurchmesser für die gesamte Umtriebszeit bei Bodenklasse 1 28,9 cm, bei Bodenklasse 2 31,4 cm und bei Bodenklasse 3 33,7 cm mit Rinde.

In Tabelle 46 sind die Ergebnisse dargestellt. Verglichen werden die direkten Erntekosten/Fm ohne Rinde in der Bundesrepublik, aber auch beispielhaft für den Staat Paraná im Süden Brasiliens. Den brasilianischen Werten liegen Angaben aus einer Veröffentlichung von BAGGIO und STÖHR (1978) zugrunde. Diese Autoren veröffentlichten Stundenkosten sowohl für Waldarbeiter unterschiedlichen Ausbildungsgrades als auch für Schlepper- und LKW-Fahrer. Die Umrechnung (1980: 1 DM = CRS 31,00) führte zu folgenden Stundenkosten: LKW-Fahrer 3,72 DM/Stunde, Schlepperfahrer 2,98 DM/Stunde, Waldarbeiter 2,00 DM/Stunde. Bei den Waldarbeitern müssen hierzu 46,67 % Lohnnebenkosten zugefügt werden, bei LKW- und Schlepperfahrer 97,52 %.

Tabelle 46: Direkte Kosten (Arbeiter, Maschinen und Anlagekosten/Fm o.R. für den Durchschnitts-BHD der Umtriebszeit
(Beispiel für deutsche und brasilianische Verhältnisse)

Boden- klasse	Verfahren 1		Verfahren 2		Verfahren 3	
	BRD DM	CR\$ DM	BRD DM	CR\$ DM	BRD DM	CR\$ ¹⁾ DM
3	74,72	796,08 25,68	32,99	777,79 25,09	55,64	1.223,26 39,46
2	70,07	754,85 24,35	31,67	745,86 24,06	52,59	1.157,85 37,35
1	67,08	722,92 23,32	30,92	730,05 23,55	50,06	1.105,46 35,66

¹⁾ je DM = CR\$ 31,00 (Brasilianische Cruzeiro)
Stand: Nov. 1980 (BRADESCO-Banco Brasileiro
de Descontos - BRASILIEN)

Es zeigt sich, daß in der Bundesrepublik Deutschland das konventionelle Verfahren die höchsten Kosten aufweist, das Holzhofsystem steht an zweiter Stelle. Das mobile schwedische System schneidet bei diesem Kriterium sehr günstig ab. Hierbei muß allerdings erneut berücksichtigt werden, daß bei Verfahren 1 Handentrindung unterstellt ist, die zwischen 10 und über 20 DM/Fm Kosten verursacht. Bei Verfahren 3 wird hingegen maschinell zentral mit verhältnismäßig geringem Kostenaufwand entrindet.

Den für die Bundesrepublik kalkulierten Ergebnissen werden brasilianische Werte gegenübergestellt. Berücksichtigt man die Entrindung des Holzes, dann erweist sich das konventionelle

Verfahren unter brasilianischen Verhältnissen von den Kosten her gesehen noch als das günstigste. An zweiter Stelle steht erwartungsgemäß das mobile hochmechanisierte Processorverfahren und erst an dritter das Holzhofsystem. Auch unter brasilianischen Bedingungen, müßte deshalb ebenso wie unter vergleichbaren deutschen, das Holzhofsystem seinen Vorteil in anderen Bereichen gewinnen, hier bleibt nur die Holzausbeute an Volumen und Wert, oder auch die bessere Qualität der Arbeitsplätze. Diese Aussage muß als wesentliches Ergebnis der Untersuchung gewertet werden. Von den Kosten her müßte die Entscheidung unter brasilianischem Aspekt für konventionelle Verfahren fallen. Um so mehr gilt dies für Länder, die heute noch einen vergleichsweise niedrigeren Entwicklungsstand aufweisen. Auf der anderen Seite liegt die Schlußfolgerung nahe: das konventionelle Aufarbeitungsverfahren wird in Deutschland verhältnismäßig rasch durch andere, kostengünstigere Systeme abgelöst werden, z. T. ist diese Substitution bereits im Gange.

Eine weitere Verbreiterung der Entscheidungsgrundlagen vermittelt das Verhältnis zwischen Arbeits- und Maschinen- bzw. Anlagekosten, wobei die Verhältnisse der Bundesrepublik Deutschland und diejenigen des südbrasilianischen Modellfalles einander gegenübergestellt werden. (Tabelle 47)

Beim Verfahren 1, des konventionellen Sortenverfahrens entfallen in der Bundesrepublik rund 3/4 der direkten Kosten auf die Arbeitskräfte und nur ein knappes Viertel auf die eingesetzten Maschinen. Im Gegensatz hierzu weist die Kalkulation für brasilianische Verhältnisse aus, daß dort als Folge der relativ hohen Mechanisierungsstufe des Rückevorgangs und des Straßentransports bei niedrigen Löhnen nur 35 % auf die Arbeitskräfte und immerhin rund 65 % auf die Maschinen entfallen.

Tabelle 47: Verhältnis zwischen Arbeits- und Maschinenkosten,
deutsche und brasilianische Verhältnisse
(für Klasse 2) in %

Verfahren	Verhältnisse	Fällen/Ablegen		Hauen		Processor- aufarbeitung		Rücken		Transport		Holzhof- aufarbeitung		im Durchschnitt	
		Ar- beiter	Ma- schine	Ar- beiter	Ma- schine	Ar- beiter	Ma- schine	Ar- beiter	Ma- schine	Ar- beiter	Ma- schine	Ar- beiter	Ma- schine	Ar- beiter	Ma- schine
1. Konventionelles Sortenverfahren	Deutschland	-	-	96,03	3,97	-	-	52,76	47,24	33,80	66,20	-	-	60,10	40,00
	Brasilien	-	-	76,55	23,45	-	-	19,71	80,29	12,76	87,24	-	-	35,08	64,92
2. Processor- verfahren	Deutschland	45,50	54,50	-	-	24,61	75,39	30,56	69,44	31,51	68,49	-	-	30,50	69,50
	Brasilien	8,76	91,24	-	-	5,97	94,03	9,72	90,28	12,76	87,24	-	-	10,00	90,00
3. Holzhof- verfahren	Deutschland	88,80	11,20	-	-	-	-	50,82	49,18	26,48	73,52	27,33	72,67	36,99	63,01
	Brasilien	39,11	60,89	-	-	-	-	17,70	82,30	10,28	89,72	8,44	91,56	11,32	88,68

Das hochmechanisierte Verfahren der Arbeit mit Fäll-/Bündelmaschine, Processor, Tragknickschlepper und Straßentransport mit Lastwagen, also das sogenannte schwedische Modell, zeichnet sich dadurch aus, daß es auch beim lohnkostenintensiven deutschen Vorgehen nur noch 30 % Arbeitskostenanteil aufweist, bei brasilianischer Kalkulation sogar nur rund 10 %.

Das Holzhofsystem liegt mit Arbeitskostenanteilen zwischen rund 37 % in der Bundesrepublik und 11 % in Brasilien zwischen den vorgenannten Verfahren.

Dem Verhältnis zwischen Arbeits- und Maschinenkosten kommt insofern eine besondere Bedeutung zu, als wie u. a. LEMM und FISCHER (1977) nachgewiesen haben, die Lohn- und Lohnnebenkosten über längere Zeit hinweg wesentlich stärker gestiegen sind als die Maschinenkosten. In dieser vorgenannten Untersuchung wurde nachgewiesen, daß zwar die Maschinenbeschaffungskosten ebenfalls relativ hohe Steigerungsraten aufweisen, daß aber unter Berücksichtigung der besseren Technik, der stärkeren Motoren usw. mit dieser Erhöhung eine entsprechende Leistungssteigerung verbunden ist. Unter den derzeit auf dem Arbeits- und Maschinenmarkt geltenden Prämissen kann deshalb davon ausgegangen werden, daß allein aus diesem Grund, dem stärkeren Anstieg der Arbeits- gegenüber den Maschinenkosten, höher mechanisierter Arbeitsverfahren, zu einem zukünftigen Zeitpunkt von den direkten Kosten her gesehen günstiger abschneiden. Werden, zumal bei inflationärer Entwicklung und Abschreibung zu Beschaffungskosten die Maschinenkostenanteile über den Investitionszeitraum hinweg absolut stabil bleiben und damit (relativ) sinken.

7.4 Sachinvestitionen

Wie unter Ziffer 6.1 definiert, wird im Rahmen dieser Untersuchung unter Sachinvestition die Summe aller Ausgaben für Maschinen, Maschinenzusatzrüstung und Zubehör sowie die auf den Holzhöfen notwendigen Anlagen verstanden, nicht hingegen die Waldwege, Waldlagerplätze usw.

Tabelle 48 enthält eine zusammengefaßte Darstellung der unter Ziffer 6 im Einzelfall für die konkurrierenden Verfahren ermittelten bzw. kalkulierten Werte.

Tabelle 48: Sachinvestition in DM/ha und je Fm o.R.
für konkurrierenden Verfahren

Boden- klasse	Verfahren 1		Verfahren 2		Verfahren 3	
	pro Hektar	pro Fm o.R.	pro Hektar	pro Fm o.R.	pro Hektar	pro Fm o.R.
	DM	DM	DM	DM	DM	DM
3	864	47,53	958	52,84	2.247	123,95
2	1.153	52,26	1.241	57,32	2.796	129,46
1	1.331	43,69	1.487	48,81	2.314	108,77

In der Bundesrepublik werden, wie jüngste Untersuchungen ergeben haben (WEIGER, 1979/80), beim konventionellen Aufbereitungsverfahren 70 bis 120 DM/ha, bei mobilen Processorsystemen 180 bis 300 DM/ha und bei Holzhofsystemen 400 bis 650 DM/ha in Form von Maschinen und zugehörigen Anlagen investiert. Demgegenüber erscheinen die in Tabelle 48 ausgewiesenen Werte außergewöhnlich hoch. Das Ergebnis ist aber einfach zu erklären. Ein Mehrfaches an Holzzuwachs (das Drei- bis Vierfache) wird auf einer entsprechend geringeren Holzbodenfläche produziert. Damit belasten die auf die erzielbare Leistung bezo-

genen Investitionen eine wesentlich geringere Anzahl an Hektaren. Hinzu kommt als weiterer Faktor, daß den tropischen und subtropischen Kiefernplantagen eine Umtriebszeit von nur 25 Jahren unterstellt wird.

Beim Verfahren 1 entfallen mit rund 860,-- DM bis 1.330,-- DM/ha die Hauptinvestitionen auf Rückeschlepper und Lastkraftwagen, die Motorsägen sind nur mit einem geringen Anteil beteiligt. Bei Verfahren 2 kommt zum Ausdruck, daß das System außerordentlich arbeitsproduktiv ist und nur verhältnismäßig geringfügig höhere Investitionskosten entstehen. Immerhin betragen diese rund 960,-- DM bis nahezu 1500,-- DM/ha.

Erwartungsgemäß die höchsten Sachinvestitionen verursacht das forstliche Holzhofsystem mit 2.250,-- DM bis 3.310,-- DM/ha. Hierbei muß, wie mehrfach festgestellt wurde, berücksichtigt werden, daß dieses System einen wesentlich höheren Bearbeitungsgrad des Holzes erlaubt, eine äußerst vielfältige Sortenbildung, einen hohen Ausnutzungsgrad und daß deshalb die Vorzüge dieses Systems in einem anderen Bereich gesucht werden müssen.

Grundsätzlich gilt, daß hochmechanisierte Holzerntesysteme außerordentlich hohe Investitionskosten verursachen. Gemessen an den gewohnten Dimensionen vervielfachen sich diese, wobei nicht zuletzt berücksichtigt werden muß, daß unter bundesrepublikanischen Verhältnissen die Investitionen im Forstbetrieb im Bereich der Holzernte bisher vorwiegend von Rücke- und Transportunternehmen, also nicht vom Forstbetrieb selbst, aufgebracht wurden.

Auf der anderen Seite sollte nicht übersehen werden, daß allein für den Bau von Waldstraßen in der Bundesrepublik bisher 1.500,-- bis über 2.000,-- DM/ha investiert wurden. Gemessen an diesen Beträgen muß der Einsatz für die Mechanisierung der Holzernte als bisher gering betrachtet werden. Die auf den Hiebsatz kalkulierten Investitionen wurden hergeleitet durch einfache Division der Hektar-Sachinvestitionen durch die jährliche Nutzung je Hektar. Hier ergibt sich dasselbe Bild in bezug auf die Konkurrenz zwischen den verglichenen Verfahren. Hingegen wirkt sich die höhere Wuchspotenz der besseren Bodenklassen aus, bei Bodenklasse 1 wird der geerntete Festmeter geringer belastet als bei Bodenklasse 3.

Die Sachinvestitionen fallen, bezogen auf den Festmeter ohne Rinde allerdings nicht linear. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich die Investitionen selbst relativ gleichmäßig und nicht sehr stark mit zunehmender Güte der Bodenklassen vergrößern, hingegen der nutzbare Zuwachs zwischen Bodenklasse 1 und 2 nur um rund 3 Fm ohne Rinde, zwischen 2 und 3 aber um knapp 7 Fm ohne Rinde vergrößert.

7.5 Zusammenfassung der einzelwirtschaftlichen Aspekte

Die Zusammenfassung der einzelnen Ergebnisse läßt bei den untersuchten wirtschaftlichen Kriterien eine klare Reihung erkennen: Im Hinblick auf die technische Arbeitsproduktivität zeichnet sich in besonderer Weise das sogenannte schwedische Verfahren aus, d. h. ein hochmechanisiertes Erntesystem, das in großem Maße an einen konzentrierten Einschlag auf Großkahlf lächen gebunden ist. Dieses System weist auch erhebliche Kostenvorteile auf und zeichnet sich außerdem durch einen geringen Arbeitskostenanteil sowie erträgliche Investitionen in Form von Maschinen und Anlagen aus. Ebenso kennzeichnet aber auch dieses System, daß die Bildung von Sorten außerordentlich begrenzt ist und daß auch der Holz-Ausnutzungsgrad verglichen mit den konkurrierenden anderen Systemen eher gering ist (DIETERLE, 1980, KWASNITSCHKA, 1979).

Im Vergleich hierzu muß die konventionelle Aufarbeitung des Holzes am Fällort als sehr arbeitsintensiv angesprochen werden, was dessen Konkurrenzfähigkeit in Ländern mit hohen Lohn- und Lohnnebenkosten erheblich beeinträchtigt. In Regionen mit niedrigen Löhnen erweist sich hingegen die Lösung als konkurrenzfähig oder sogar überlegen. Der hohe Arbeitskostenanteil weist allerdings darauf hin, daß bei der zu erwartenden Steigerung der Lohnkosten dieser Vorteil nur vorübergehender Natur ist.

Das konventionelle Aufarbeitungsverfahren weist darüber hinaus den Vorzug auf, daß dank der intensiven Handarbeit eine vielfältige Sortierung möglich ist, daß aber auch ein hoher Ausnutzungsgrad erreicht wird. Besonders im Bereich sehr schwacher Holzdimensionen und bei der Nutzung von Rinde und Ästen erweist sich dieses Verfahren in Niedriglohnländern als konkurrenzfähig.

Bei der zentralen Aufarbeitung des Rohholzes hingegen, bei der versucht wird, Nadelhölzer und vor allem auch die Kiefer einschließlich der Krone also der Äste und Nadeln anzutransportieren und zentral aufzuarbeiten, erweist sich technische Arbeitsproduktivität zwar als weniger günstig als bei der Processorlösung, aber deutlich besser als bei der konventionellen Aufarbeitung. Dasselbe trifft für die direkten Kosten zu. Hingegen verlangt diese Lösung die höchsten Investitionssummen. Von Leistung und Kosten her schneidet deshalb das dritte Verfahren, also die zentrale Rohholzaufarbeitung, nur in einer mittleren Position ab. Dieses Ergebnis der vorgenommenen Modell-Überlegungen und Kalkulationen wird in der Zwischenzeit durch die Praxis bestätigt (u. a. DÖHRER, 1980).

Eine Entscheidung zugunsten des Verfahrens 3 kann deshalb nur dort getroffen werden, wo es gelingt, im Bereich der Preisbildung, also vor allem des Marketings, Vorteile zu erlangen, deren Dimensionen mindestens die Mehrkosten decken müssen.

8. Nachwort: Die grundsätzliche Entscheidung

Die Untersuchungen und die erarbeiteten Aussagen beschränken sich bewußt auf die wesentlichen technischen und 'einzel-ökonomischen' Merkmale der konkurrierenden Holzerntemodelle. Einzelne oder mehrere dieser Kriterien können sich zwar oft allein schon als zielführend erweisen, stellen aber in der Regel nur einen ersten Schritt dar und bedürfen einer Reihe ergänzender Überlegungen.

Nicht angesprochen oder nur gestreift wurden der verfahrensspezifische Ausnutzungsgrad des Rohholzes. Neuere Untersuchungen von DUFFNER (1974), DÖHRER (1980), DIETERLE (1980), KWASNITSCHKA (1979), GRAMMEL (1979) zeigen, daß die Wahl der Holzerntetechnik einen erheblichen Einfluß auf die Ausbeute an Holzvolumen und Holzwert ausübt. Mit zunehmender Rohstoff- und Energienot wird diesem Kriterium eine wachsende Bedeutung zukommen. Der Verfasser hält es für notwendig dieser Frage auch im tropischen und subtropischen Plantagenbetrieb systematisch nachzugehen.

Darüber hinaus kann der ausschließliche Vergleich monetär exakt definierter Entscheidungshilfen, z. B. der häufig zu diesem Zweck kalkulierte erntekostenfreie Erlös, nicht ausschließlich zur abschließenden Lösung forstlicher Fragestellungen, auch nicht in der Holzernte beitragen. Berücksichtigt werden müssen Kriteriengruppen die nur relativ und damit weitgehend subjektiv eingeschätzt und gereiht werden können. Der hierfür verwendete Begriff der Nutzenoptimierung umfaßt deshalb als relativer Wertmaßstab zusätzlich zu den rein zahlenmäßig festlegbaren Aussagen alle diejenigen Bewertungsgesichtspunkte, die nur mittels einer Reihung und Gewichtung angegeben werden können. Nach GABLER (1975) beruht das Verfahren auf der Ableitung des subjektiven Gebrauchswertes für

den einzelnen oder in bezug auf die gesamtwirtschaftliche Effizienz. An die Stelle einer kardinalen tritt eine ordinale Reihung, die einzelnen Systeme werden mit einer Nutzwertziffer und einem Rangplatz gekennzeichnet, die die Grundlage der endgültigen Entscheidung bilden ZANGENMEISTER (1973), TIMINGER (1974), KROTH, LÖFFLER, TIMINGER (1976).

Bei diesen mehr oder weniger nur relativ zu bewertenden Kriterien können in bezug auf die Wahl des Holzerntesystems mehrere Gruppen zusammengefaßt werden:

- betriebsintern:

Die Belastung der Holzernteverfahren durch Gemeinkosten, verursacht z. B. durch Vermessung, Entlohnung, Planung, Verwaltung und Organisation des Betriebs.

Vermarktungstechnische Gesichtspunkte wie zeitliche Flexibilität des Verfahrens, Sortenflexibilität, Abhängigkeit von konjunkturellen Schwankungen.

Auswirkungen auf den Faktor Arbeit wie Freisetzung von Arbeitskräften, Anforderungen an die berufliche Qualifikation, psychische, physische und arbeitshygienische Verbesserungen oder Verschlechterungen bei der Wahl des Systems.

Biologisch-ökologische Aspekte wie waldbauliche Beweglichkeit, Bestandesschäden, Bodenschäden, Forstschuttrisiken.

- außerbetrieblich:

Rückwirkungen auf die Dienstleistungsfunktion des Waldes, d. h. auf die Bereitstellung von Leistungen im Erholungs- und Freizeitbereich, aber auch in bezug auf Wasser- und Bodenschutz und infrastrukturelle Kosten

Rückwirkungen auf den Arbeitsmarkt, von besonderer Bedeutung in Regionen mit großem Arbeitskräfteüberschuß. Einflüsse auf die Struktur der holzbe- und verarbeitenden Industrie; die Wahl einer bestimmten Erntetechnik kann sehr wohl über die Veränderung des Holzangebots zu einer Stabilisierung oder aber Zerstörung gewachsener Strukturen führen.

Beispielhaft sollen einige Nutzwertüberlegungen getroffen werden. Ein wesentlicher Aspekt betrifft z. B. die Flexibilität des waldbaulichen Vorgehens: Als Folge der Verlagerung möglichst vieler Teilarbeiten z. B. auf einen zentralen Platz weist die Holzhofaufarbeitung den Vorzug auf, daß je Hiebsort zwar wenigstens, aber auch nicht unbedingt mehr als eine LKW-Ladung holzhofgeeigneten Holzes zur Verfügung stehen sollte. Im Gegensatz zum hochmechanisierten mobilen Processorsystem mit entsprechendem Einsatz auf großen Flächen bedeutet dies, daß der Bewirtschafter der Plantage nicht gezwungen ist, Großhiebe mit entsprechend ökologischen und waldbaulichen Nachteilen durchführen zu müssen. Auch von der Waldbesitzstruktur her können sich kleine Waldbesitzer beteiligen, die nur gelegentlich geringe Holzmengen aufbringen.

Aus dem ökologisch-biologischen Bereich soll als Beispiel der Nährstoffentzug durch Ganzbaumnutzung als Kriterium angesprochen werden. Es steht außer Frage, daß hier das konventionelle Ernteverfahren am günstigsten abschneidet, hingegen die Ganzbaumnutzung und zentrale Aufarbeitung des Holzes stärker belastet ist (ZÖTTL, 1977). ZÖTTL geht aber auch davon aus, daß in vielen Fällen keine drohende Verschlechterung der Ernährungsverhältnisse für die Folgebestände zu erwarten wäre, u. a. deshalb, weil die nachschaffende Kraft durchschnittlicher

Waldstandorte für die meisten Haupt- und Spurennährelemente bzw. deren Vorräte auch auf lange Sicht ausreichend hoch seien. Gerade beim Stickstoff sei als Folge der zunehmende Industrialisierung sogar ein merklicher Anstieg zu verzeichnen.

In diesem ökologisch-biologischen Bereich sind u. a. auch die verfahrensspezifisch sehr unterschiedlichen Rückeschäden einzuordnen. Wie MENG (1978) nachwies, hängen die Schadensgröße und die Schadenszahl eng mit der Wahl des Erntesystems zusammen. MENG versuchte bereits diese Zusammenhänge auch geldmäßig darzustellen. Die Dimension seiner Ergebnisse verlangt, daß dieser Aspekt bei der Wahl eines Systems gebührend berücksichtigt wird.

Im Rahmen dieser Nutzwertüberlegungen kommt im Hinblick auf die Diskussion der Frage tropischer und subtropischer Plantagen dem Aspekt der Dienstleistungen, also der Erholungs- und Freizeitfunktion dieser Plantagen bisher nur ein sehr geringes Gewicht zu. Hingegen wird man der Schutzfunktion, also der Aufgabe des Waldes, dessen Umgebung vor nachteiligen Einflüssen, verursacht durch Erosion, Wind, Tiere usw. zu schützen, wesentlich mehr Einfluß zumessen müssen. Negativ belastet würden hier bei der Verfahrenswahl wohl alle diejenigen Ernteverfahren, bei denen intensiv und großflächig Holz genutzt wird.

Im Hinblick auf die umfassendere Definition des Nutzwertes und das Ziel, ein gesamtwirtschaftliches Nutzenmaximum zu erlangen, kommt für die Tropen und Subtropen und damit für Länder sehr unterschiedlichen Entwicklungsstandes, dem Faktor Arbeit die wohl größte Bedeutung zu. Wie nachgewiesen wurde, wirkt sich

die Wahl eines Ernteverfahrens in sehr starkem Maße und in unterschiedlicher Weise auf die Arbeitskraftverhältnisse aus. Dieser Einfluß bezieht sich sowohl auf die Arbeitsintensität in rein quantitativem Sinne als auch auf die notwendige berufliche Qualifikation. Beide Aspekte verlangen in Ländern mit oft mangelhafter Ausbildung und häufig großen Arbeitslosenzahlen aus wirtschaftlichen und sozialen Gründen vorrangige Berücksichtigung.

10. Literaturverzeichnis

- | | | |
|-------------------------------------|------|--|
| ABEEG, B. u.
PFEIFFER, K. | 1971 | "Berechnungsunterlagen für die Rückeleistung von Forsttraktoren in befahrbaren Gelände." Berichte Nr. 83, 24 S. |
| ANONYM | 1977 | "Tarifvertrag über die Entlohnung des Aufarbeitens von Ganzbäumen." FF. Forstdirektion, Donaueschingen |
| AUSTERMANN, T. | 1980 | "Transportkostenminimierung als Entscheidungshilfe zur Wahl des optimalen Standorts eines Holzhofes." Fürstl. Schwarzenberg'sches Forstamt Murau/Steiermark |
| BADEN-WÜRTTEMBERG | 1966 | "Hilfstabellen für die Forsteinrichtung Teil 2." Landesforstverwaltung Bad.-Württ., Stuttgart |
| BAGGIO, A. J. u.
STÖHR, G. W. D. | 1978 | "Resultados Preliminares de um Levantamento dos Sistemas de Exploração usados em florestas implantadas de coníferas no sul do Brasil." Revista Floresta Vol IX - Nr. 2, S. 76 - 96 |
| BECKER, G. | 1974 | "Entwicklungstendenzen der Holz-ernte in Mitteleuropa". Allg. Forstzeitschrift München, 29. Jhrg. S. 65 u. 66 |
| BECKER, G. u.
GRAMMEL, R. | 1979 | "Handbuch zur Technologie der Zentralen Aufarbeitung von Rundholz." Tagungsführer, KWF-Tagung, Donaueschingen |
| BENTZ, H. u. HILCHER, A. | 1967 | "Zeittafeln für Holzrücken mit UNIMOG und Rückeaggregat." Zentralblatt für das gesamte Forstwesen, Nr. 84, S. 1 - 20 |
| BREPOHL, D. | 1980 | "Der Beitrag des Forstsektors zur regionalen Entwicklung dargestellt am Beispiel der Triangulo Mineiro (Brasilien)." Diss. Freiburg |

- | | | |
|--------------------------------|------|---|
| BUTORA, A. | 1978 | "Stammholztransport mit Lastwagen." Berichte Nr. 192 der Eidg. Anstalt für das forstl. Versuchswesen, CH, 67 S. |
| CONWAY, S. | 1976 | "Principles of Timber Harvesting Systems." by Miller Freeman, Publications San Francisco/USA. DRW-Verlag, Stgt. |
| DIETERLE, G. | 1980 | "Technische und wirtschaftliche Aspekte eines alternativen Starkholzernteverfahrens mit Ganzbaumnutzung." Dipl. Arbeit am Inst. f. Forstbenutzung und Forstl. Arbeitswissenschaft, Freiburg |
| DIETZ, P. | 1979 | "Projektstudie Holzhof Norschwarzwald." Interne Mitteilungen der Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt, Freiburg, Nr. 3 |
| DUFFNER, K. | 1974 | "Holzmeßkundliche und informationstechnische Kriterien zur optimalen Sortenaushaltung an Holzhöfen." Mitt. d. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Bad.-Württ. Heft 64 |
| DU HAMEL du MONCEAU, H.L. | 1766 | "Von Fällung der Wälder und gehörigen Anwendung des gefällten Holzes." Erst theil, Deutsche Übersetzung von C. Ch. OELHAFEN von SCHÖLLENBACH, Hrsg. v. W. WINTER-SCHMIDT, Nürnberg |
| DUMMEL, K. u.
HRADETZKI, J. | 1979 | "Fehler bei der Anwendung des HET." Allg. Forstzeitschrift München, Nr. 39, S. 1069 |
| DUMMEL, K. | 1980 | "EST-Erprobung FWJ 1980." Der Säemann, Nr. 11, S. 13 - 15 |
| F.A.O. | 1976 | "Year book of Forest Products 1966 - 76." |

- | | | |
|-----------------|------|---|
| FRÜHLICH, H. J. | 1978 | "EST - es muß einfacher gehen."
Allg. Forstzeitschrift München
Nr. 46, S. 1351 - 1352 |
| GABLER, Dr. | 1975 | "Dr. Gablers Wirtschaftslexikon."
Betriebswirtschaftlicher Verlag,
Wiesbaden |
| GEIGER, F. | 1965 | "Arbeitszeitaufwand und Betriebs-
kosten im Staatswald von Nordwürt-
temberg 1953 - 1963." Der Forst-
und Holzwirt, Nr. 6 |
| GRAMMEL, R. | 1966 | "Die Wahl der Entrindungsmethode
in Abhängigkeit von der Holzmenge."
Der Forst- und Holzwirt, Nr. 2
S. 39 - 42 |
| GRAMMEL, R. | 1972 | "Sachinvestitionen und technische
Arbeitsproduktivität bei der Ein-
führung moderner Holzernteverfahren."
Holz-Zentralblatt Nr. 117,
S. 1693 - 1695 |
| GRAMMEL, R. | 1976 | "Multifunktionale Holzerntemaschi-
nen und regionale Erfahrungen und
Perspektiven." Forsttechn. Infor-
mationen Nr. 2, S. 11 |
| GRAMMEL, R. | 1976 | "Investitionen in Holzernte und
-vermarktung." Jahresber. des
Deutschen Forstvereins 1976 |
| GRAMMEL, R. | 1978 | "Bilanz und Prognose der Holzernte
in der Bundesrepublik Deutschland."
Allgem. Forstzeitschrift München,
Sonderdruck 1/2, S. 8 - 13 |
| GRAMMEL, R. | 1978 | "Forstliche Arbeitslehre." Verlag
Paul Parey, Hamburg u. Berlin |
| GRAMMEL, R. | 1979 | "Zentrale Aufarbeitung und Vermark-
tung von Rohholz - eine Antwort auf
die ökonomische und ökologische
Herausforderung der mitteleuropäi-
schen Forstwirtschaft." Tagungs-
führer der KWF-Zwischentagung,
Donaueschingen |

- GRAMMEL, R. 1979 "Mechanisierung - derzeitige Situation, Trends bei End- und Vornutzung, Anforderungen an den Waldboden." Allg. Forstzeitschrift München, 90. Jhrg., Nr. 12, S. 357 - 359
- HÄBERLE, S. 1975 "Der HET 1970 - ein mathematisch-statistischer Irrweg." Forstarchiv Nr. 3, S. 49
- HOOGH, R. J. De u. 1971 "Avaliação de sitio para Araucaria angustifolia (BERT) o KTZE em povoamentos artificiais." Brasil Florestal, Nr. 37, S. 19 -71
- DIETRICH, A. D.
- JINDRA, J. 1978 "Methodological problems in determining the effectiveness of mechanized logging and timber transport." Joint committee on forest working techniques and training of forest workers, Seminar on man/machine-productivity, Schweden
- JOINT COMITTEE 1972 "Scheme for the choice of off-road-transport methods in temperate forests."
- FAO, ECE, ILO
- KROTH, W., LÖFFLER H. u. 1976 "Zur Analyse forstbetrieblicher Zielsysteme und Methodik der Entscheidung." Forstwiss. Centralblatt 95. Jhrg., Nr. 1, S. 22 - 44
- TIMINGER, J.
- KWASNITSCHKA, R. 1979 "Vergleichende Untersuchungen zur Massen- und Wertausbeute in der Schwachholzernte." Dipl. Arbeit am Inst. f. Forstbenutzung u. Forstl. Arbeitswissenschaft, Freiburg
- LATTEN, H. 1969 "Erfahrungen bei der maschinellen Holzbringung in einem Mittelgebirgsforstamt." Allg. Forstzeitschrift, Nr. 43, S. 831 u. 832

- LEMM, R. u. FISCHER, H. 1977 "Die Entwicklung der Sachkosten im Vergleich zu den Lohnkosten im Staatsforstbetrieb Baden-Württemberg für die Zeit von 1966 - 1975." Dipl. Arbeit am Inst. für Forstbenutzung u. Forstl. Arbeitswissenschaft, Freiburg
- LÜBELL, E. 1979 "Betriebswirtschaftliche Untersuchungen im bäuerlichen Privatwald in Baden-Württemberg, Testbetriebsnetz 5 - 200 ha." Forstl. Versuch- u. Forschungsanstalt Bad.-Württ., Freiburg, Int. Mitt.
- LOYCKE, H. J. 1962 "Maschineneinsatz im Forstbetrieb, technische Grundlagen, wirtschaftliche Voraussetzungen." Forsttechn. Inf. Nr. 2
- LOYCKE, H. J. u. JINDRA, J. 1964 "Economic assessment of mechanized working methods." FAO/ECE/ILO/145 Geneva 1
- LOYCKE, H. J. 1970 "Vorausschätzungen von Leistungen beim Rücken von Fichtenstammholz mit Forstschleppern." KWF, Bd. VII
- LÜNZMANN, K. 1967 "Begriffsbestimmungen beim Holztransport." Forstarchiv Nr. 10 S. 250 - 252
- MAACK, R. 1968 "Geografia fisica do estado do Paraná." Instituto de Biologia e pesquisas tecnicas; Curitiba
- MAHLER, G. u. SCHEHLSHORN, H. 1972 "Ein Vergleich von Längenvarianten beim Einschnitt, Rücken und Transport von Buchen und sonstigem Laub-Industrieholz-Lang." Mitt. der Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt Nr. 40, S. 1 - 44 Freiburg

- | | | |
|-------------------------|------|--|
| MENG, W. | 1976 | "Der Transport von Ganzbäumen zur zentralen Aufarbeitung unter besonderer Berücksichtigung der dabei verwendeten Transportfahrzeuge." Allg. Forstzeitschrift München Nr. 1/2, S. 103 - 105 |
| MENG, W. | 1978 | "Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte." Schriftenreihe d. Landesforstverw. Bad.-Württ., Band 53 |
| PFEIL, CH. | 1979 | "Vollbaumbereitstellung im Starkholz." Int. Versuchsber. der Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg Nr. 7 |
| PFEIL, CH. | 1980 | "Der Einschlag von Ganzbäumen im kombinierten Seillinienverfahren." Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg, Abt. Arbeitswissenschaft und Forstbenutzung Int. Mitteilung |
| RECHSTEINER, K. | 1976 | "Forsttechnische Geländeklassifikation - bisherige Untersuchungen und einige methodische Grundlagen." Beiheft zu den Zeitschriften des Schw. Forstvereins, Nr. 57, Zürich |
| RIEGER, G. u. PFEIL CH. | 1978 | "Einsatz des Durchforstungsprocessors GP 822." Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Bad.-Württ., Freiburg. Int. Mitt. Nr. 1 |
| RIEGER, G. | 1979 | "Ergebnisse von Arbeitsstudien bei der Aufarbeitung von Kiefern-Schwachholz mit Processor GP 822 und Rücken mit Tragknickschlepper "Ödbjörn"." Int. Versuchsber. der Bad.-Württ. Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg |
| SCHMIDT, R. B. | 1975 | "Unternehmungsinvestitionen." Studium - RO-RO-RO |

- | | | |
|-------------------------------------|------|--|
| SPEIDEL, G. | 1952 | "Das Stückmassegesetz und seine Bedeutung für den internationalen Leistungsvergleich bei der Forstarbeit." Diss. Hamburg-Reinbeck |
| SPEIDEL, G. | 1961 | "Arbeitsproduktivität und Lohnpolitik in der Forstwirtschaft." Allg. Forst- und Jagdzeitung Nr. 132, 7. Jhrg., S. 161 - 168 |
| SPEIDEL, G. | 1963 | "Die Produktivitätsmessung in der Forstwirtschaft." Forstarchiv Nr. 3/4, S. 78 - 83 |
| SPEIDEL, G. | 1967 | "Forstliche Betriebswirtschaftslehre." Paul Parey-Verlag Hamburg und Berlin |
| STEINLIN, H. | 1953 | "Zur Methodik von Rückeversuchen." Forstarchiv Nr. 24, S. 115 - 119 |
| STEINLIN, H. | 1963 | "Die Feinerschließung von Beständen mit Rückegassen", Forsttechn. Information Nr. 10 |
| STÖHR, G.W.D. u.
MALINOVSKI J.R. | 1978 | "A devastação florestal no Paraná." Silvicultura, Nr. 8, S. 36 - 40 |
| STREHLKE, E. G. et al. | 1970 | "Forst-Maschinen-Kunde." Paul Parey-Verlag, Hamburg und Berlin |
| TIMINGER, J. | 1974 | "Erntesysteme in Durchforstungsbeständen." Holz- Zentralblatt Nr. 68 S. 1057 - 1058 |
| WARKOTSCH, W. | 1975 | "Darstellung und Analyse von Systemen und Verfahren in der Holzernte." Allg. Forstzeitschrift München, Nr. 41, S. 859 - 861 |
| WECHSELBERGER, H. J. | 1979 | "Auswirkungen beim Übergang zur Zentralen Aufarbeitung und betriebwirtschaftliche Aspekte." JUFRO-Projektgruppe P 3.01 S. 93 - 108 |
| WEIGER, F. | 1977 | "Die Entwicklung der Holzernte, dargestellt am Beispiel des Staatsforstbetriebes Bad.-Württemberg." Allg. Forstzeitschrift München, Nr. 37 |

- | | | |
|-------------------|------|---|
| WINDHORST, H. W. | 1980 | "Raumgebundenheit und Raumwirksamkeit der holzverarbeitenden Industrie - Ergebnisse von Feldforschungen in den USA, Schweden und Finnland." Der Forst- und Holzwirt, Nr. 14, S. 103 - 111 |
| WIPPERMANN, H. | 1979 | "Entwicklungsstand und Trend der Rundholzverwertung durch Zentrales Aufarbeiten." Holz-Zentralblatt Nr. 54, S. 346 - 354 |
| WITZEL, W. | 1979 | "Die sogenannten Holzhöfe der absolutistischen Zeit." Dipl. Arbeit am Institut f. Forstbenutzung und Forstl. Arbeitswissenschaft, Freiburg |
| ZANGEMEISTER, CH. | 1973 | "Nutzungsanalysen in der Systemtechnik." Wittemann'sche Buchhandlung, München |
| ZIMMERMANN, W. | 1978 | "Ergebnisse vom Einsatz des Durchforstungssystems KOCKUMS GP 822 in der Bundesrepublik Deutschland." Allg. Forstzeitung, München, Nr. 50, S. 1470 - 1473 |
| ZÖTTL, H. | 1977 | "Rinde - Abfall oder Rohstoff." Allg. Forstzeitschrift, München Nr. 6, S. 154 - 156 |

10. Darstellungsverzeichnis

Darstellung	Bezeichnung	Seite
01	Holzbilanz Brasiliens, 1970 - 1976	2
02	Methodischer Weg zur Entscheidungsfindung im Hinblick auf die gestellte Untersu- chungsaufgabe	11
03	Klimadiagramm (nach MAACK, 1968) nach durchschnittlichen Werten der Stationen CURITIBA, PONTA GROSSA, CASTRO, LONDRINA (alle im Bundesstaat Paraná)	22
04	Prognostizierte Zuwachsdifferenz bei ver- schiedenen Bodenklassen (FUPEF 1978)	41
05	Anteil der Rinde am Schaftvolumen bei <u>Pinus elliottii</u> (Plantage Staat Santa Catarina - Brasilien)	42
06	Prognostizierter Säge- und Industrieholz- anteil bei <u>Pinus elliottii</u> in Abhängigkeit der Bodenklassenqualität	44
07	Vergleich der Arbeitsablaufabschnitte der untersuchten Holzernteverfahren	55
08	Holzhauerei im 18. Jahrhundert	67
09	Rückezyklus	79
10	Verschiedene LKW's für Holztransport mit Ladekran und Hochsitz	87
11	Lastbezogener Zeitbedarf in Abhängigkeit von der Transportdistanz und Geschwindig- keit auf den verschiedenen Straßentypen	88
12	Motorsägezeit, reine Arbeitszeit sowie die Gesamtarbeitszeit für Fällvorgänge	106
13	Probefläche für Einsatz des Processors KOCKUMS GP 822	108

Darstellung	Bezeichnung	Seite
14	Verteilung von Baumdimensionen, BHD und Derbholzlängenverteilung jeder BHD-Klasse bei Processoraufarbeitung (Processor GP 822)	111
15	Zeitbedarf je Baum in Abhängigkeit von der Dimension (BHD, Länge)	113
16	Zeitbedarf bzw. Maschinenzeit je Baum für Fällen und Ablegen mit dem Feller-buncher 888	123
17	Leistung (Fm o.R./Std.) für Fällen und Ablegen mit dem Feller-buncher KOCKUMS 880 im Kahlschlag (Endnutzung)	118
18	Leistung (Fm o.R./Std.) bei Processor-aufarbeitung mit "KOCKUMS 850"	129
19	Volumen von Blochholz für verschiedene Mittendurchmesser mit durchschnittlicher Länge gerechnet	133
20	Verteilung der Industrieholzlängen bei Kiefer über den BHD-Bereich	134
21	Aufbau eines Holzhofes (Ganzbäume), Schematische Darstellung	148
22	Zeitbedarf je Baum für Fällen und Rücken von Ganzbäumen (gelöstes Verfahren)	153
23	Leistung (Fm o.R.) beim Fällen und Rücken von Ganzbäumen (gelöstes Verfahren)	153
24	Leistung (Fm o.R./Std.) an der Kappsäge	168

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle	Bezeichnung	Seite
01	Vergleich der Bewirtschaftungsgrundsätze bei mitteleuropäischen Verhältnissen und tropischem bzw. subtropischem Plantagenbetrieb	18
02	Durchschnittliche Korngrößenverteilung von Bodeneinheiten (Grande Grupos), der brasilianischen Bodensystematik	23
03	Standort bzw. Bodenklassen 1, 2, 3 und ihre Bedeutung bezüglich des Holzernteprogramms für <u>Pinus elliottii</u> (Plantage in Brasilien)	39
04	Arbeitszeitstruktur (Durchschnittswerte für Kiefer) - Sortenverfahren -	73
05	Leistung, Zeitbedarf, Kosten für Fällen, Entrinden, Einschneiden und Sortieren - Sortenverfahren -	75
06	Leistungsgrenzen verschiedener Traktortypen	81
07	Leistung, Zeitbedarf und Kosten für das Rücken mit UNIMOG	84
08	Leistung, Arbeitszeitbedarf und Kosten für Transport mit LKW mit Anhänger im Nahverkehr - konventionelles Sortenverfahren und Processorverfahren -	90
09	Technische Arbeitsproduktivität - konventionelles Sortenverfahren	93
10	Anzahl der Arbeitskräfte (bei 1800 produktiven Arbeitsstunden/Jahr) - konventionelles Sortenverfahren -	94
11	Arbeitskräftebedarf - konventionelles Sortenverfahren -	95

Tabelle	Bezeichnung	Seite
12	Verhältnis zwischen Arbeits- und Maschinenkosten - konventionelles Sortenverfahren -	97
13	Gesamtkosten/Fm (Aufarbeitung, Rücken und Transport) - konventionelles Sortenverfahren -	98
14	Sachinvestitionsbedarf - konventionelles Sortenverfahren -	101
15	Leistung, Arbeitszeitbedarf und Kosten für Fällung - Processoraufarbeitung	107
16	Zeitstudien mit dem Processor GP 822 im Kiefern-Bestand (ca. 70 Jahre) Forstamt Wiesloch	112
17	Leistung, Zeitbedarf und Kosten für hochmechanisierte Processoraufarbeitung, mobil	114
18	Ablaufabschnitte Rücken - Zeitbedarf je Fahrt für Tragknickschlepper Ödbjörn - Processoraufarbeitung -	116
19	Leistung, Zeitbedarf und Kosten für Rücken mit Tragknickschlepper Ödbjörn	117
20	Ergebnisse der Zeitstudie mit Fellerbuncher "KOCKUMS 880" - Processorverfahren - Variante B - Endnutzung	121
21	Leistung (Fm o.R./Std.) für Fällen und Ablegen mit dem Fellerbuncher "KOCKUMS 880"	124
22	Kosten und Zeitbedarf für Fällen und Ablegen mit dem Fellerbuncher "KOCKUMS 880" für Endnutzung	126
23	Ergebnisse der Zeitstudien mit dem Processor "KOCKUMS 850"	128
24	Kosten und Arbeitszeitbedarf für den Processor "KOCKUMS 850"	130

Tabelle	Bezeichnung	Seite
25	Ergebnisse der Zeitstudien mit dem Tragknickschlepper "VOLVO SM 868"	132
26	Zeitbedarf und Kosten für Rücken mit Tragknickschlepper (Forwarder) "VOLVO SM 868" für Endnutzung bzw. Kahlschlag	136
27	Technische Arbeitsproduktivität - Processorverfahren -	138
28	Arbeitskräftebedarf bzw. Maschinenzahl in Abhängigkeit von der Jahreskapazität - Processorverfahren -	139
29	Relation des Arbeitskräftebedarfs für die einzelnen Phasen des Verfahrens 2 - Processorverfahren -	140
30 R	Gesamtkosten für Fällen, Aufarbeitung, Rücken und Transport - Processorverfahren -	142
31	Investitionsbedarf für das Verfahren 2 - Processorverfahren -	144
32	Kosten, Leistung und Arbeitsbedarf für Fällen/Zopfen bzw. Ganzbaumeinschlag - Holzhofverfahren -	152
33	Kosten, Leistung und Zeitbedarf für Rücken von Ganzbäumen - Holzhofverfahren -	155
34	Ergebnisse der Zeitstudien für Ganzbaumtransport im Nahverkehr - Holzhofverfahren -	160
35	Zeitbedarf und Kosten für Ganzbaumtransport im Nahverkehr - Holzhofverfahren -	162
36	Modellhaft zusammengefaßte Kalkulation der Bearbeitungskosten auf einem Holzhof mit zwei Straßen und einer Jahreskapazität von <u>+</u> 60 000 Fm o.R.	169

Tabelle	Bezeichnung	Seite
37	Mittlerer BHD für die verschiedenen Bodenklassen sowie der prozentuale Anteil der Durchforstungs- und Endnutzungsholzmengen, bezogen auf das Gesamtvolumen	170
38	Leistung (GAZ) und Kosten für die Holzhofaufarbeitung	171
39	Technische Arbeitsproduktivität für das Holzhofverfahren	172
40	Arbeitskräftebedarf bzw. Maschinenzahl (1800 Std./Jahr Auslastung) für die Gesamtumtriebszeit in Abhängigkeit von der Bodenklasse - Holzhof -	174
41	Gesamtkosten für das Holzhofverfahren Fällen, Rücken, Transport, zentrale Aufarbeitung	176
42	Kostenstruktur-Anteile Arbeiter- und Maschinenkosten - Holzhofverfahren -	178
43	Gesamtkosten für Sachinvestitionen Gesamtsystem (Jahreskapazität 60 000 Fm o.R.) - Holzhofverfahren -	180
44	Technische Arbeitsproduktivität konkurrierender Ernteverfahren	182
45	Arbeitskräftebedarf (Anzahl der Vollarbeitskräfte für eine jährliche Kapazität von 60 000 Fm o.R.)	185
46	Direkte Kosten (Arbeiter-, Maschinen- und Anlagenkosten/Fm o.R.) für den Durchschnitts-BHD der Umtriebszeit	188
47	Verhältnis zwischen Arbeits- und Maschinenkosten, deutsche und brasilianische Verhältnisse (für Bodenklasse 2) in %	189
48	Sachinvestition je Hektar und je Fm o.R. für die konkurrierenden Verfahren	191

12. Anhang

Auf- und Wiederaufforstung in Brasilien im
Zeitraum 1967 bis 1976 (in 1000 ha)

Region	Staat	Pinus app.	Eucalyptus app.	Araucaria angust.	Andere natürl. BA	Frucht BA	Euterpe app.	Andere	Summe	%
Norden	Pard	-	-	-	-	0,11	4,01	-	4,12	0,16
	Amazonas	-	-	-	-	2,00	5,43	-	7,43	0,29
	Summe	-	-	-	-	2,11	9,44	-	11,55	0,45
Nordosten	Bahia	28,42	13,03	-	0,62	0,32	-	-	42,40	1,68
	Piaui	-	-	-	-	0,29	-	-	0,29	0,01
	Maranhao	-	-	-	-	0,05	-	-	0,05	-
	R.G. Norte	-	-	-	1,05	0,10	-	-	1,15	0,05
	Summe	28,42	13,03	-	1,67	0,76	-	-	43,89	1,74
Central-West	Mato Gros.	12,71	221,98	-	2,11	1,74	-	-	238,54	9,45
	Goiás	0,02	24,32	-	5,04	0,86	-	0,01	30,24	1,20
	Dis. Fed.	-	2,83	-	0,05	-	-	-	2,87	0,11
	Summe	12,73	249,13	-	7,20	2,60	-	0,01	271,65	10,76
Südosten	Min. Ger.	77,37	588,78	0,67	15,37	7,85	-	0,61	690,65	27,36
	Sao Paulo	181,14	292,54	3,03	7,40	19,29	37,95	0,44	541,80	21,46
	Rio de Jan.	1,52	9,42	0,01	0,12	-	-	-	11,06	0,44
	Esp. Santo	4,33	108,92	0,13	1,91	0,69	-	0,10	116,08	4,60
	Summe	264,36	999,66	3,84	24,80	27,83	37,95	1,15	1359,59	53,86
Süden	Paraná	280,48	48,26	41,40	8,37	7,82	115,97	0,51	494,82	19,60
	Santa Cat.	193,44	12,45	12,58	0,99	5,86	3,81	0,07	229,20	9,08
	R.G. Sul	63,43	17,42	2,62	1,52	7,38	0,52	20,88	113,77	4,51
	Summe	537,36	70,13	56,60	10,88	21,06	120,30	21,46	837,79	33,19
	Inages.	842,86	1331,95	60,44	44,55	54,36	167,69	22,62	2524,47	100,00
	%	33,39	52,76	2,39	1,76	2,15	6,64	0,91	100,00	-

Quelle: Instituto Brasileiro Desenvolvimento Florestal
(I.B.D.F.)

Fragebogen

INSTITUT FÜR FORSTBENUTZUNG
UND FORSTLICHE ARBEITSWISSENSCHAFT
Direktor: Prof. Dr. R. Grammel

7800 FREIBURG I.B.R., DEN
Holzmarktplatz 4
Telefon (0761) 203-3743 oder 203-3744

F O R M U L Á R I O D E P E R G U N T A S

NOME DA INDÚSTRIA :

Reflorestamento com Pinus spp. : ha

Número de árvores por hectare :

Espaçamento utilizado :

Qual é o custo por metro cúbico da retirada da madeira desde o povoamento até o patio da indústria : Cr\$

OPERAÇÕES

A. Operação : { Derrubada ☐
Desgalhamento ☐
Medição ☐
Traçamento ☐
Descascamento ☐

Dados obtidos para o primeiro desbaste

a. 1) Idade : anos.

2) D.A.P. : cm.

3) Altura : m.

4) Número de árvores retiradas :

5) Número de árvores remanescentes :

b. Tipo de exploração

1) Manual : Rendimento da equipe : m³/hora

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Equipamento utilizado :

Observações :

2) Semi-mecanizado ou Mecanizado :

Rendimento do sistema : m³/hora

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens do sistema :

Função de cada homem dentro do sistema :

Equipamento utilizado :

Custo do equipamento :

Horas prováveis de uso :

Observações :

Dados obtidos para o segundo desbaste

a. 1) Idade : anos.

2) D.A.P. : cm.

3) Altura : m.

4) Número de árvores retiradas por ha. :

5) Número de árvores remanescentes por ha. :

b. Tipo de exploração :

1) Manual : Rendimento da equipe : m^3 /hora

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Equipamento utilizado :

Observações :

2) Semi-mecanizado ou Mecanizado :

Rendimento do sistema : m^3 /hora

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens do sistema :

Função de cada homem dentro do sistema :

Observações :

Perguntas gerais:

1. Quantos desbastes estão previstos até o final da rotação?

2. Com que idade, diâmetro e altura serão os próximos desbastes? E o corte final?

3. Se houver experiências com terceiro e quarto desbaste, favor descrever - 3 -
como acima (primeiro e segundo desbaste) especificado.

RESPOSTAS :

B. Operação : Retirada da madeira do povoamento até o aceiro (carreador)

Dados para o primeiro desbaste ;

Tipo de exploração :

1) Manual : Rendimento da equipe : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro equipe :

Equipamento utilizado :

Observações :

2) Semi-mecanizado ou Mecanizado :

Rendimento do sistema : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens do sistema :

Função de cada homem dentro do sistema :

Equipamento utilizado :

Custo do equipamento : Cr\$

Horas prováveis de uso :

Qual é a distância média entre o centro do povoamento e o aceiro : m.

Observações :

Dados para o segundo desbaste ;

Tipo de exploração :

1) Manual : Rendimento da equipe : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

equipamento utilizado :

Observações :

2) Semi-mecanizado ou mecanizado :

Rendimento do sistema : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens do sistema :

Função de cada homem dentro do sistema :

Equipamento utilizado :

Custo do equipamento :

Horas prováveis de uso :

Observações :

Se houver experiências com terceiro e quarto desbastes, ou corte final, favor especificar do mesmo modo como para o primeiro e segundo desbaste.

C. Operação : Sortimento da madeira (seleção)

Dados para o primeiro desbaste ;

Madeira utilizada para papel e celulose :	%/ha
:	m ³ /ha
Critério adotado : Comprimento entre	e metros
Diâmetro entre	e centímetros
Qualidade :	
Madeira utilizada para serraria :	%/ha
:	m ³ /ha
Critério adotado : Comprimento entre	e metros
Diâmetro entre	e centímetros
Qualidade :	
Madeira para outras finalidades :	%/ha
:	m ³ /ha

Finalidade da madeira :

Critério adotado : Comprimento entre	e metros
Diâmetro entre	e centímetros
Qualidade :	

Se a seleção da madeira for trabalho à parte, favor especificar :

Rendimento da equipe : m³/ha
 Custo por metro cúbico : Cr\$
 Número de homens da equipe :
 Função de cada homem dentro da equipe :

Observações :

Dados obtidos para o segundo desbaste :

Madeira utilizada para papel e celulose :	%/ha
:	m ³ /ha
Critério adotado : comprimento entre	e metros
Diâmetro entre	e centímetros
Qualidade :	
Madeira utilizada para serraria :	%/ha
:	m ³ /ha
Critério adotado : Comprimento entre	e metros

Diâmetro entre e centímetros
Qualidade :
Madeira para outras finalidades : $\%$ /ha
: m^3 /ha
Finalidade da madeira :
Critério adotado : Comprimento entre e metros
Diâmetro entre e centímetros
Qualidade :

Se a seleção for um trabalho à parte, favor especificar ;

Rendimento da equipe : m^3 /ha

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Observações :

Se houver experiências com terceiro e quarto desbaste, ou corte final, favor especificar do mesmo modo acima descrito para o primeiro ou segundo desbaste.

D. Operação : Retirada da madeira do aceiro até a estrada florestal (se houver, ou seja, não estiver incluído com a operação B.) e empilhamento.

Dados para o primeiro desbaste ;

Tipo de exploração :

1) Manual : Rendimento da equipe : m^3/ha

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Equipamento utilizado (se houver) :

Distância média entre os aceiros e as estradas florestais: m.

Observações :

2) Semi-mecanizado ou mecanizado :

Rendimento do sistema : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens utilizados no sistema :

Função de cada homem no sistema :

Equipamento utilizado :

Custo do equipamento : Cr\$

Horas prováveis de uso do equipamento :

Observações :

Se houver variações de equipamento dentro da mesma operação, como também experiências com outros tipos de equipamento, favor especificar em fôlha extra, rendimentos e custos do mesmo modo acima especificado.

Dados obtidos para segundo desbaste ;

Tipo de exploração :

1) Manual : Rendimento da equipe : m^3/ha

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Equipamento utilizado (se houver) :

Observações :

2) Semi-mecanizado ou mecanizado :

Rendimento do sistema : m^3/ha

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens do sistema :

Função de cada homem dentro do sistema :

Equipamento utilizado :

Custo do equipamento : Cr\$

Horas prováveis de uso do equipamento :

Observações :

Se houver variações de equipamento dentro da mesma operação, como também experiências com outros tipos de equipamento, fa especificar em fôlha extra os rendimentos e custos do mesmo modo acima especificado.

Se houver experiências com terceiro e quarto desbaste, ou corte final, favor especificar do mesmo modo acima descrito para o primeiro e segundo desbaste:

E. Operação : Medição

1. Madeira para polpa e papel :

Rendimento da equipe : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Equipamento utilizado :

Observações :

2. Madeira para serraria :

Rendimento da equipe : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Equipamento utilizado :

Observações :

3. Madeira para outras finalidades :

Quais finalidades :

Rendimento da equipe : $m^3/hora$

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Função de cada homem dentro da equipe :

Equipamento utilizado :

Observações :

F. Operação : Transporte

1. Madeira para papel e celulose :

Tipo de transporte utilizado :

Número de homens utilizados :

Rendimento :

Custo por metro cúbico : Cr\$

Custo por kilometro : Cr\$

Capacidade do meio de transporte : m^3

Quantas viagens o caminhão faz em média por dia :

Observações :

2. Madeira para serraria :

Tipo de transporte utilizado :

Número de homens utilizados :

Rendimento :

Custo por metro cúbico : Cr\$

Custo por kilometro : Cr\$

Capacidade do meio de transporte :

Quantas viagens o caminhão faz em média por dia : m^3

Observações :

3. Madeira para outras finalidades :

Tipo de transporte utilizado :

Número de homens utilizados :

Rendimento :

Custo por metro cúbico : Cr\$

Custo por kilometro : Cr\$

Capacidade do meio de transporte :

Madeira para quais finalidades :

Quantas viagens o caminhão faz em média por dia :

Observações :

G. Operação : Empilhamento no pátio da indústria

O custo esta incluído no transporte ?

Se for trabalho à parte, favor responder :

Tipo de operação :

1) Manual : Rendimento da equipe : m^3/hora

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens da equipe :

Observações :

2) Semi-mecanizado ou mecanizado :

Tipo de equipamento :

Rendimento do sistema : m^3/hora

Custo por metro cúbico : Cr\$

Número de homens utilizados no sistema :

Função de cada homem dentro do sistema :

Custo do equipamento :

Horas prováveis de uso do equipamento :

Observações :

P E R G U N T A S G E R A I S

1) Foi observado diferenças de rendimento na retirada da madeira, entre Pinus taeda e Pinus elliottii ? Quais ?

2) Foi observado diferenças de rendimento com relação à topografia do terreno, isto é, qual a % de decréscimo de rendimento à medida que o terreno torna-se mais acidentado ?

3) Qual a distância entre ramais normalmente utilizada ? Porque ?
E entre os aceiros (estradas florestais) ?

4) Foi observada alguma diferença de rendimento em relação ao solo, isto é, qual a porcentagem de decréscimo de rendimento à medida que o solo torna-se mais pedregoso ou argiloso ?

5) Para o cálculo de custos qual foi a % de encargos sociais utilizada?
(Seria possível discriminar as porcentagens com relação às suas finalidades?).

Lebenslauf

Am 27.06.1950 wurde ich, Jorge Roberto Malinovski, verheiratet, drei Kinder, als Sohn des Eisenbahnbeamten Emilio Malinovski und seiner Ehefrau Idaleta Maximo Malinovski in Rio Negro, Paraná, Brasilien, geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Rio Negro von 1957 bis 1963 besuchte ich das Gymnasium, wo ich 1968 die Reifeprüfung ablegte. Danach studierte ich an der Forstlichen Fakultät in CURITIBA, Paraná, von 1969 bis 1972. Hier schloß ich mein Studium als Forstingenieur ab.

1973 begann ich den Postgraduiertenkurs an der Universidade Federal do Paraná in der Fachrichtung Waldbau. Von 1973 bis 1976 war ich als Laborant in der waldbaulichen Abteilung der Universidade Federal do Paraná beschäftigt. Zur gleichen Zeit habe ich die Leitung der forstlichen Versuchsstation in Rio Negro, Paraná, übernommen. Im September 1977 schloß ich mit der Magisterprüfung mein Studium an der Universidade Federal do Paraná ab.

Vom Oktober 1977 bis März 1978 besuchte ich einen Sprachkurs am Goethe-Institut in Freiburg/Br. und begann meine Promotion an der Albert-Ludwigs-Universität bei Herrn Prof. Dr. Grammel am Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft. Meine Promotion wird durch ein Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (D.A.A.D.) gefördert.

Freiburg, den 15.01.1981

